This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Medical Library

2 45 01722 1117
LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD

[Aus der Augenklinik zu Jena.]

Ueber die

der Sehnerven-Durchschneidung bei jungen Thieren.

Habilitationsschrift

zur

Erlangung der Venia docendi

einer

Hohen medicinischen Facultät zu Jena

vorgelegt von

Dr. E. Hertel

I. Assistenten der Augenklinik zu Jena

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1898.

4
57
1898

LANE

MEDICAL LIBRARY

THE BARKAN LIBRARY OF
OPHTHALMOLOGY AND OTOLOGY

[Aus der Augenklinik zu Jena.]

Ueber die Folgen der Sehnerven-Durchschneidung bei jungen Thieren.

Habilitationsschrift

zur

Erlangung der Venia docendi

einer

Hohen medicinischen Facultät zu Jena

vorgelegt von

Dr. E. Hertel

I. Assistenten der Augenklinik zu Jena.

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1898.

Sonder-Abdruck
aus „v. Graefe's Archiv für Ophthalmologie“,
XLVI. Band.

LANE LIBRARY

24
H57
1898

Die Degenerationsvorgänge in der Netzhaut nach Läsionen der Sehnervenbahnen sind schon wiederholt Gegenstand experimentell pathologischer Untersuchungen gewesen. In verschiedener Weise wurde die Leitung des Sehnerven unterbrochen: durch Unterbindung oder Durchschneidung des Opticus selbst oder durch Zerstörung der ihm zugehörigen Gehirncentren. Ziemlich übereinstimmend ergaben diese Experimente eine Atrophie der Opticusfasern, ausgehend von der Läsionsstelle, verbunden mit allmählichem Uebergang auf die nervösen Organe der Netzhaut. Ueber die Ausdehnung der Veränderungen in der letzteren aber und über die Zeit des Eintrittes derselben finden sich ganz verschiedene Angaben. Während Lent (1) so gut wie gar keine Veränderungen der Netzhaut nach Gehirnexstirpation beim Frosch wahrnehmen konnte, sah Lehmann (2) nach intracranieller Durchschneidung des Opticus schon nach 20 Tagen beim Frosch wie beim Hund ausgesprochene Atrophie der Nervenfasern eintreten. Rosow (3) constatirte eine sehr langsam zunehmende Atrophie der Nervenfaserschicht, so dass selbst nach 3 Monaten noch der grössere Theil der Fasern erhalten war. Krause (4) beschreibt bei seinen Thieren, die er ca. 2—5 Wochen nach der Durchschneidung untersuchte, fettige Entartung der Nervenfasern

und Ganglienzellen. Auch Berlin (5) sah bei Fröschen, denen er den Opticus durchschnitten hatte, eine ausserordentlich schnell eintretende körnige Degeneration der Nervenfasern und Ganglienzellen, gefolgt von einer Atrophie der inneren Schichten der Retina. Später kam dann Pigmenteinwanderung in die atrophische Netzhaut und vollständiger Zerfall der Stäbchen- und Zapfenschichten hinzu.

Auch bei den von ihm operirten Kaninchen beschreibt er, soweit die Augen nicht phthisisch geworden waren, eine hochgradige Retinalatrophie, und zwar der Nervenfasern, Ganglienzellen und granulirten Schichten; in einzelnen Fällen war die Netzhaut abgelöst und hier alle Schichten atrophisch. Reichliche Pigmentanhäufung liess sich in den atrophischen Netzhäuten nachweisen. Im wesentlichen gleichen Berlin's Befunden die von Krenchel (6), welcher nach dem Vorgang von Berlin bei einer Reihe von Thieren den Opticus mit einem zwischen Stirnbein und dem Processus posterior des Stirnbeins in die Orbita eingeführten schmalen Messer von hinten durchschnitt. Nach Durchschneidungen dagegen, die Krenchel wie Lehmann intracraniell vornahm, konnte er selbst nach 6 Monaten keine Veränderungen der Retina finden. Leber (7), welcher an Kaninchen Sehnervendurchschneidungen ausführte, sah frühestens nach 14 Tagen eine Atrophie der Markstrahlen. Bei einer Katze beobachtete er feinkörnige Trübung der nervösen Elemente und Einlagerung von Körnchenzellen nach der Durchschneidung des Sehnerven. Russi (8) theilt mit, dass er nach Unterbindungen des Opticus mit dem Spiegel nach vorübergehender Anämie mit folgender Stauung in der Netzhaut Atrophie und Pigmentveränderungen habe constatiren können. Rasche Degeneration der Netzhaut mit Pigmenteinwanderung und Sklerose aller Schichten beschreibt auch Poncet (9). Die Versuche Markwort's (10) ergaben schon nach 14 Tagen ausgesprochene Netzhautatrophie mit Pigmenteinwanderung in den Fällen, in denen

der Opticus und die Centralgefässe durchschnitten waren; wo dagegen die Gefässe verschont blieben, zeigte sich nach einem Monat noch keine Veränderung, nach drei Monaten aber deutliche Atrophie der nervösen Schichten. Hamburger (11) fand wie Krenchel nach intracraniellen Durchschneidungen des Opticus keinerlei pathologische Veränderungen der Retina.

Vor allem wichtig auf diesem Gebiet ist aber die Arbeit Wagenmann's (12): „Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der Circulation in den Netzhaut- und Aderhautgefässen auf die Ernährung des Auges, insbesondere der Retina, und über die Folgen der Sehnervendurchschneidung". Durch seine Experimente gelang es nämlich Wagenmann, die verschiedenen Differenzpunkte der früheren Beobachter aufzuklären, indem er richtig erkannte, dass die Folgen der Durchschneidung des Opticus ganz verschieden sein müssen je nach dem Umfange der gleichzeitig bewirkten Circulationsstörung. In systematischer Weise durchschnitt Wagenmann deshalb zunächst allein die Ciliargefässe in verschiedener Ausdehnung, dann den Opticus allein, ferner den Opticus und die Centralgefässe, schliesslich den Opticus und die Ciliargefässe ganz oder theilweise. Alle Thiere wurden mit dem Spiegel genau untersucht, die gesetzten Circulationsstörungen durch Injection der Blutgefässe genau controlirt und dann erst die pathologisch-anatomischen Befunde erhoben. Die Resultate waren folgende:

Bei Durchschneidungen des Opticus allein mit Schonung der Centralgefässe und Ciliargefässe trat allmählich eine Atrophie des Opticus ein, welche sich in die Nervenfaserschicht der Retina fortsetzte und sehr langsam die Ganglienzellen ergriff; noch nach sechs Monaten sah Wagenmann gut erhaltene Ganglienzellen. Die Atrophie der Markstrahlen konnte mit dem Spiegel nach ca. vier Wochen constatirt werden. Ob die im sechsten Monat beobachtete Verlängerung der Stäbchen und Zapfen und deren stellen-

weise Abhebung von der Limitans externa als beginnende Degeneration auch dieser Schichten zu deuten waren, oder etwa nur als zufällige Leichenerscheinung, glaubt Wagenmann nicht mit Sicherheit entscheiden zu können, da es ihm nicht mehr möglich war, an noch späteren Stadien diese Erscheinungen weiter zu verfolgen.

Eine Degeneration der Netzhaut dagegen in kürzerer Zeit und in höherem Grade, so dass nach und nach alle Schichten ergriffen werden können bis zum vollständigen Schwund der Netzhaut, tritt nach Wagenmann nur ein bei Verletzung der Ciliararterien; ferner fand derselbe, dass auch die Pigmenteinwanderung in die atrophische Retina lediglich abhängt von einer Läsion der Ciliargefässe. Bei einer zu ausgiebigen Durchtrennung der letzteren traten rasche Nekrose der Netzhaut und ausgedehnte Veränderungen des Bulbus mit Hornhauttrübungen u. s. w. ein, die schliesslich zur Phthisis bulbi führten.

Auf Grund dieser Thatsachen konnte Wagenmann eine genügende Erklärung der Befunde, die Berlin und Markwort bei ihren Experimenten erhoben hatten, geben: es handelte sich bei denselben nicht nur um eine einfache Durchtrennung des Opticus mit oder ohne Centralgefässe, sondern um eine gleichzeitige mehr oder weniger starke Läsion der Aderhautgefässe, welche die Pigmenteinwanderung sowohl, wie auch den raschen totalen Netzhautzerfall und schliesslich auch die Phthisis bulbi zur Folge gehabt hatte.

In starkem Gegensatz zu diesen Wagenmann'schen Resultaten stehen nun die, zu welchen Cesare Colucci (13) zwei Jahre später gelangte. Dieser machte bei verschiedenen Thieren: Hunden, Kaninchen, Meerschweinchen, Eidechsen und Kröten Sehnervenresectionen und beobachtete während mehrerer Monate die verschiedenen Stadien der eintretenden Netzhautdegeneration.

Schon in den ersten Tagen zeigte sich eine deutliche

Veränderung in der Nervenfaserschicht, bestehend in Verschmälerung und Zerfall in Detritus. Nach einem Monat konnte Colucci sicher Degenerationsprocesse in den einzelnen Schichten der Retina nachweisen, und zwar am stärksten in den vorderen Abschnitten derselben. Am längsten Widerstand leistete die äussere Körnerschicht, während die übrigen, stark atrophisch, von der gleichzeitig gewucherten Neuroglia durchsetzt waren. Im weiteren Verlauf nahm die Degeneration aller Schichten noch weiter zu, namentlich die der inneren.

Von den Körnerschichten zeigte die innere schon im zweiten Monat Granula- und Vacuolenbildung und allmählichen Zerfall; die äussere Körnerschicht erhielt sich länger, um später ähnliche Degenerationsprocesse durchzumachen. Auch das Netzwerk der retikulären Schichten ging sehr bald zu Grunde. Die Stäbchen und Zapfen zeigten schon am 8. Tage einen deutlichen Zerfall der Aussenglieder, der allmählich die Stäbchenfasern ergriff, so dass nur noch die Hüllen der Stäbchen übrig blieben. In den noch späteren Stadien war die Stäbchen- und Zapfenschicht ebenfalls vollständig atrophirt.

Ausdrücklich wird erwähnt, dass Pigmentbildung in der atrophischen Netzhaut nicht vor dem 4. Monat auftrat, dann aber regelmässig beobachtet wurde. Das Pigment befand sich in den Maschen der Stützsubstanz und längs der Müller'schen Fasern. Die Pigmentepithelschicht zeigte einfache Atrophie neben Schwellung und Zerfall der Zellen. Colucci spricht die Vermuthung aus, dass das in die Netzhaut eingewanderte Pigment aus den Pigmentepithelzellen stamme und in den Blutgefässen seinen Weg in die verschiedenen Schichten der Retina genommen habe. Schliesslich beobachtete Colucci bei einer Reihe von Thieren neben der Degeneration der Netzhaut in den vorderen Abschnitten am hinteren Augenpol eine Coagulationsnekrose mit rascher Vernichtung aller Schichten. Auch

die gegen die einfache Degeneration sehr widerstandsfähige äussere Körnerschicht zeigte im Gebiet dieser Nekrose schon im ersten Monat Cysten- und Lacunenbildung mit folgendem schnellen totalen Zerfall der Elemente. Colucci erklärte diese Coagulationsnekrose mit einer Veränderung der Gefässwände und dadurch ermöglichtem Austritt des Gefässinhaltes in die Umgebung, welcher zu einer Durchtränkung des zarten Netzhautgewebes mit Plasma und Blutkörperchen führe und so Veranlassung werde zu dem schnellen Zerfall aller Schichten.

Das sind im Wesentlichen die Resultate, zu welchen Colucci bei seinen Opticusdurchschneidungen gelangte. Auf die ausserordentlich weitgehenden und wichtigen Differenzpunkte zwischen diesen und den vorher genauer referirten Beobachtungen Wagenmann's komme ich eingehender noch zurück.

Vor ungefähr zwei Jahren habe ich dann selbst eine grosse Reihe von Opticusdurchschneidungen gemacht, und zwar an möglichst jungen Thieren, einmal um zu sehen, ob die in der Netzhaut eintretenden degenerativen Veränderungen bei noch wachsenden Thieren dieselben wären, wie die bisher an erwachsenen beobachteten. Ferner wollte ich darüber Aufschluss gewinnen, wie sich die Wachsthumsverhältnisse des Auges gestalten, wenn man dasselbe vor vollkommener Ausbildung durch Durchschneidung des Sehnerven functionsunfähig macht. Schliesslich schien es mir von Interesse zu sein, Bulbi in noch späteren als bisher beobachteten Stadien nach der Opticusdurchschneidung zu untersuchen, um den weiteren Fortgang der Degeneration zu verfolgen und unter Anderem der Frage näher treten zu können, die Wagenmann nach 6monatlicher Beobachtungszeit noch offen lassen musste, ob speciell die Stäbchen- und Zapfenschicht von dem degenerativen Process ergriffen wird, oder nicht.

Bei der Ausführung der Experimente musste ich natür-

lich vor allem Werth darauf legen, nur den Opticus zu durchtrennen; alle Gefässe, die der Netzhaut wie der Aderhaut, sollten vollständig geschont werden, um nicht durch ihre Läsion die Resultate der Opticusdurchschneidung zu beeinträchtigen. Von den Operationsmethoden, die für diesen Zweck angegeben sind, wählte ich als einzig brauchbare die von Leber (l. c.) zuerst ausgeführte und von Wagenmann (l. c.) erprobte Art der Durchschneidung. Ich benutzte wie letzterer ausschliesslich Kaninchen zum Experimentiren und operirte am luxirten Bulbus. Das Operationsgebiet lag so ganz klar zu Tage. Unter sorgfältiger Schonung der oberen Venae vorticosae, welche deutlich zu sehen waren, tenotomirte ich den Musculus rectus superior, brachte mir dann durch weiteres Vorziehen des Bulbus den Opticuseintritt zu Gesicht. Bei der Durchschneidung des Nerven hielt ich mich in einiger Entfernung von der Sklera, um die dicht am Bulbus laufenden Centralgefässe nicht mit zu treffen. Auch die langen Ciliargefässe konnten bei einiger Vorsicht mit Sicherheit erhalten werden, da sie ja zu beiden Seiten des Opticus in der Horizontallinie die Sklera durchsetzen, während bekanntlich der Opticus oberhalb der Horizontalen eintritt.

So gelang es mir, in Cocainanaesthesie in einer grossen Reihe von Fällen, den Sehnerven sicher und blutleer zu durchschneiden. Nur in 7 Fällen von 30 wurde eine ganz minimale Blutung beobachtet aus durchschnittenen, kurzen hinteren Ciliargefässen. Ich komme darauf noch genauer zurück.

Nach der Durchschneidung liess ich den Bulbus zurückgleiten, die Conjunctivalwunde wurde niemals genäht, Infection ist niemals eingetreten.

Meine Absicht, in dieser Weise womöglich neugeborene Thiere zu operiren, musste ich nach wiederholten vergeblichen Versuchen aufgeben. Bei der Kleinheit der topographischen Verhältnisse und bei der Zartheit der Gefäss-

wände, welche meist beim Luxiren schon lädirt wurden, liess sich bei der Operation eine meist beträchtliche Blutung nicht vermeiden. Es wurden daher die Augen der Thierchen so in ihrer Ernährung beeinträchtigt, dass sie alle phthisisch geworden sind und somit für meine Zwecke unbrauchbar waren. Durch mehrfaches Ausprobiren fand ich schliesslich als unterste Altersgrenze für ein gutes Gelingen der beabsichtigten Operation ein Alter von ca. drei Wochen, also eine Zeit, wo die Markflügel schon fast ganz ausgebildet sind. Alle Thiere waren von ein und derselben Kaninchenrasse, und von jedem Wurfe blieb ein Thier unoperirt zu Vergleichszwecken. Ferner wurde stets nur ein Auge operirt, ebenfalls um an dem anderen eine Controle zu haben. Mit dem Spiegel überzeugte ich mich vor der Operation von dem normalen ophthalmoskopischen Befund.

Gleich nach vollführter Operation war bei allen Thieren die Pupille maximal weit und starr und blieb so während der ganzen Beobachtungszeit. Nur ein Thier machte eine Ausnahme. Zwar war die Pupille nach der Operation auch weiter geworden, die Reaction jedoch erschien nicht erloschen. Ich behielt diesen Fall ganz besonders im Auge und konnte schon nach einigen Tagen mit Sicherheit constatiren, dass die Pupille bei Beleuchtung des oberen Netzhauttheiles starr blieb, dagegen bei Beleuchtung des unteren prompt reagirte. Ich hatte offenbar den Sehnerv nur unvollkommen durchschnitten — eine Vermuthung, die der weitere Verlauf auch bestätigte. Die bei diesem, wie bei allen Thieren gleich nach der Operation vorgenommene ophthalmoskopische Untersuchung zeigte keine wesentliche Differenz gegenüber der anderen, nicht operirten Seite.

Die Papille erschien bis auf wenige Ausnahmen völlig normal, nur vereinzelt zeigte sich eine geringe vorübergehende Hyperämie, die in einem Falle fast drei Tage anhielt, während sie sonst schon am zweiten Tage so gut wie verschwunden war. Die Netzhautgefässe waren ganz

normal und liessen sich bei guter Füllung deutlich bis in die Peripherie verfolgen.

Nur in fünf Fällen zeigte sich oberhalb der Papille, an diese sich direct ansetzend, eine circumscripte, schmale, getrübte Netzhautparthie. Diese Trübung machte ungefähr am zwölften Tage einer Verfärbung und Fleckung des Fundus an dieser Stelle Platz. Bald trat dann auch Pigment auf; später sah man einen mehr oder weniger keilförmigen dunklen Pigmenthof direct am Oberrand der Papille, in seiner nächsten Umgebung leichte gelbliche Fleckung des Fundus.

Ich möchte schon hier daraufhinweisen, dass diese circumscripte, annähernd keilförmige Verfärbung und Pigmentirung in nächster Umgebung der Papille nicht etwa die Folge der Opticusdurchschneidung ist. Wagenmann (l. c.) sah bei einigen seiner Thiere ganz dieselbe Veränderung nach vollführter Operation auftreten und lieferte sofort die richtige Erklärung für dieselben. Er konnte aus seinen Injectionspräparaten, bei denen die Aderhaut in der in Frage kommenden Parthie leer blieb, mit Sicherheit folgern, dass vereinzelte kurze Ciliargefässe durchschnitten waren und dass lediglich diesem Umstande die Veränderung zuzuschreiben war. Auch in meinen Fällen wies die bei der Operation aufgetretene Blutung auf eine Gefässläsion hin, welche ganz dieselbe Verfärbung und Pigmentirung zur Folge hatte, wie in den Wagenmann'schen Fällen. Von dieser einzigen, umschriebenen Stelle aber abgesehen, wurde weder bei diesen Thieren, noch bei den anderen, in der ersten Zeit irgend eine Aenderung des ophthalmoskopischen Bildes bemerkt, der Fundus war überall schön klar und erschien völlig normal. Erst nach ungefähr drei Wochen, spätestens nach vier Wochen, sah man ein deutliches Blasserwerden der Papillen und der Markflügel, welche nach und nach einer langsam zunehmenden Atrophie verfielen. Die Papille wurde im weiteren Verlauf ganz weiss

und tief excavirt, die Markflügel gleichmässig kürzer und dünner. Schon in der siebenten Woche fehlte die Ausstrahlung nach oben und unten vollständig, während sich die letzten Reste von den seitlichen Markkegeln noch bis zum fünften Monate erkennen liessen. Bei den Thieren, die noch länger beobachtet wurden, schwand auch dieser Rest, so dass am Ende des sechsten Monates jede Spur von Markstrahlung verschwunden war. Die Netzhautgefässe blieben dauernd normal und traten in unveränderter Zahl und Füllung aus der ausserordentlich tief excavirten, ganz weissen Papille zu beiden Seiten in die Netzhaut ein.

Die Netzhautperipherie verlor in den meisten Fällen nach ungefähr sechsmonatlicher Beobachtung etwas an Durchsichtigkeit. Doch waren nirgends Pigmentirung oder Entfärbungen zu sehen, nirgends Ablatio. An Thieren, die über ein Jahr lang beobachtet wurden, war eine wesentliche weitere Aenderung des Spiegelbildes nicht wahrzunehmen gewesen. Die Papille erschien auch hier als querovale, tiefexcavirte, weisse Scheibe, scharfrandig, nirgends Reste von Markstrahlen; die Gefässe der Netzhaut waren unverändert normal geblieben, gut bis in die Peripherie zu verfolgen. Der leichte Hauch, welcher nach halbjähriger Beobachtung mehr auf die Peripherie beschränkt war, hatte an Ausdehnung zugenommen, nicht aber an Intensität: nirgends sah man Pigmentveränderungen, bis auf den schon erwähnten ausgesprochenen Pigmentsaum direct an der Papille in fünf Fällen.

Besonders erwähnen möchte ich den einen Fall, in welchem, wie ich schon andeutete, nur eine theilweise Durchschneidung des Opticus vermuthet wurde. Auch hier zeigte sich als erste Veränderung eine ungefähr acht Tage lang anhaltende keilförmige Netzhauttrübung am oberen Papillenrande. Diese wurde ähnlich wie in den schon erwähnten Fällen nach und nach ersetzt von einem dunklen Pigmentsektor direct an die Papille nach oben anschliessend.

Erst nach drei Wochen sah man eine deutliche Abblassung der Papille, aber nur in der oberen Hälfte. Die Markflügel wurden im weiteren Verlauf schmäler, aber nicht gleichmässig, sondern nur der obere Theil atrophirte. Nach ungefähr acht Wochen war die obere Ausstrahlung vollständig geschwunden, die untere dagegen bestand unverändert. Später schwanden die oberen Parthieen der seitlichen Ausstrahlungen ebenfalls mehr und mehr, und zwar genau bis zu den horizontalen Venenästen. Was unterhalb derselben lag, zeigte dagegen keine Atrophie. Am Ende des 12. Monates, in welchem ich das Thier aus äusseren Gründen tödten musste, war der ophthalmoskopische Befund folgender: Total weisse Farbe der oberen Papillenhälfte mit starker Excavation, die untere Papillenhälfte normal gefärbt, von dem normaler Weise oberhalb der Netzhautvenen liegenden Theil der Mark ist nicht eine Spur mehr zu sehen, der unterhalb liegende dagegen normal. Die Netzhautgefässe sind vollständig normal, eine Trübung des Fundus ist nirgends mit Sicherheit zu constatiren, nirgends abnorme Pigmentation. Pupillenreaction wie früher angegeben.

Bei einem anderen Fall (Gruppe VIII) konnte ich mich durch die Spiegeluntersuchung überzeugen, dass ich gegen meine Absicht die Netzhautgefässe mit durchschnitten hatte. Die Pupille war auch in diesem Falle sofort nach der Operation weit und starr und blieb dauernd so. Mit dem Spiegel sah ich sofort nach der Durchschneidung die Papille abblassen, die Gefässe wurden enger, sie erschienen von ungleichem Kaliber mit leichten Anschwellungen. Am folgenden Tage bemerkte ich eine leichte Trübung des Papillenrandes, namentlich oben, wo auch die angrenzende Netzhaut etwas getrübt war, sonst aber war der Fundus vollkommen klar, die Gefässe noch mehr verengt, die Unterscheidung von Arterien und Venen unmöglich, die Blutsäule in einzelnen Gefässen unterbrochen. Einige Tage

blieb das Bild so, niemals war eine ausgedehntere oder intensivere Netzhauttrübung zu sehen, abgesehen von dem kleinen Sector direct oberhalb der Papille. Diese blieb bis ungefähr zum 10. Tage bestehen, allmählich machte sie dann einem fleckig aussehenden Fundus Platz mit deutlicher Pigmentirung ganz am Rande der Papille. Am Ende der dritten Woche war dann eine beginnende Atrophie der Markflügel bemerkbar ganz in ähnlicher Weise wie in den anderen Fällen; auch die Papille blasste mehr und mehr ab, erschien tiefer excavirt. Von den Netzhautgefässen verschwanden einzelne Aeste vollständig, andere zeigten schwankende Füllungsgrade mit Unterbrechungen der Blutsäule.

In noch späteren Stadien nahm die Pigmentirung oberhalb der Papille zu, es verschwanden die bisher als unterbrochene rothe Linie kenntlichen Gefässe vollständig, auch die Atrophie der Markflügel war vollendet, so dass man am Ende des zehnten Monates folgendes Bild hatte: eine tiefexcavirte weisse Papille, die nach oben von einem stark pigmentirten Saum von $^1/_2$ Papillenbreite eingefasst war, keine Spur von Markstrahlung, keine Spur von Netzhautgefässen. Der Fundus sonst normal, ganz in der Peripherie vielleicht weniger durchsichtig, nirgends aber deutliche Netzhauttrübung oder Pigmentirung oder Fleckung.

Ausser diesen Veränderungen der Pupillarreaction und des ophthalmoskopischen Bildes zeigten aber die operirten Augen, namentlich in den länger beobachteten Fällen, noch eine andere deutliche Abweichung von den nicht operirten: sie erschienen nämlich deutlich kleiner. Dabei war die Hornhaut dauernd völlig klar, die vordere Kammer normal tief, die Iris zeigte normale Struktur, Linse und Glaskörper waren ohne Besonderheiten; nirgends war, wie schon erwähnt, irgend etwas von Ablatio zu sehen gewesen. Die schon mit blossem Auge wahrnehmbare Grössendifferenz zwischen der operirten und nicht operirten Seite wurde

durch genaue Messungen bestätigt. Doch ich will auf diesen interessanten Punkt erst im nächsten Theil meiner Arbeit genauer eingehen, und jetzt zunächst die Beschreibung der wahrgenommenen anatomischen Veränderungen geben.

Die Bulbi wurden nach Tödtung der Thiere sofort enucleirt, schnell gemessen und dann in einem Gemisch von 90 Theilen Müller'scher Flüssigkeit und 10 Theilen Formol fixirt. Nach Nachhärtung in Alkohol und Einbettung in Celloidin wurde der grösste Theil der Augen in verticale Schnitte von ca. 15 μ Dicke zerlegt, nur einige Bulbi habe ich horizontal geschnitten. Von allen Thieren wurde auch das Chiasma eingebettet und theils horizontal, theils vertical geschnitten.

Gefärbt habe ich im Wesentlichen mit Hämatoxylin und Eosin, doch wurden auch zahlreiche Präparate nach anderen Methoden, namentlich nach der Weigert'schen, behandelt.

Zur Controle wurden schliesslich stets auch die normalen Augen in gleicher Weise gehärtet und weiter behandelt, wie die operirten.

Das früheste Stadium, welches zur anatomischen Untersuchung kam, war drei Monate nach erfolgter Opticusdurchschneidung.

Schon makroskopisch sah man, dass der abgeflachte Opticusstumpf am Bulbus von Bindegewebe überzogen war. Das centrale Ende des Sehnerven liess sich in der Tiefe der Orbita als ein feiner bindegewebiger Strang nach dem Chiasma hin verfolgen.

An den verticalen Schnitten durch den Bulbus zeigten sich die deutlichsten Veränderungen an der Papille und am bulbären Theil des Opticus. Derselbe stellte einen abgeplatteten, kurzen Strang dar, der überzogen war von neugebildetem, faserigem Bindegewebe mit spärlichen Kernen, an den Seiten übergehend in die Sehnervenscheiden. Der Strang selbst bestand der Hauptsache nach aus kernreichem Bindegewebe, das nur hier und da noch Reste von Nervenfasern erkennen liess. Auch diese waren im Zerfall begriffen, varicös, an einzelnen Stellen rundliche

Myelintröpfchen zwischen sich fassend, die sich mit Osmiumsäure grauschwarz färbten. Weiter nach der sehr stark excavirten Papille zu fand sich nur ein Netzwerk von faserigem Bindegewebe mit zahlreichen, gutgefärbten Kernen; man konnte hier auch mit der Weigert'schen Reaction nichts mehr von Nervenfasern nachweisen. In geeigneten Schnitten, namentlich in den seitlich von der Papille gelegenen, sah man Durchschnitte durch die Netzhautgefässe. Ich konnte weder betreffs ihres Lumens noch ihrer Wandungen irgend eine Abnormität entdecken. Eine bemerkenswerthe Anhäufung von Rundzellen sah ich ebenso wenig im Opticusstumpf wie in der Papille. Die Markstrahlung war in Schnitten, welche gerade durch die Papille gingen, also normaler Weise die obere und untere Ausstrahlung hätten treffen müssen, vollständig atrophirt; es liess sich keine Spur von markhaltigen Nervenfasern mehr nachweisen. Man sah nur ein dünnes, fein fibrilläres Netz von Bindegewebe mit ziemlichem Kernreichthum. In seitwärts von der Papille gewählten Schnitten sah man noch Reste von den horizontalen Markflügeln, die sich deutlich mit der Weigert'schen Färbung imprägnirten. Doch trat auch in diesen ein ganz deutlicher Zerfall der Fasern zu Tage; namentlich nach der Peripherie zu überwog mehr und mehr das schon erwähnte, kernreiche, feinmaschige Bindegewebe, während sich von Markstrahlen so gut wie nichts mehr nachweisen liess.

Die Netzhaut erscheint in toto betrachtet kaum schmäler als die der normalen Augen; es sind nirgends schwerere destructive Processe zu entdecken, alle Schichten sind noch deutlich zu erkennen. Am meisten reducirt ist die Opticusfaserschicht. Man sieht nur noch stellenweise feine wellige, hier und da zu Bündeln angeordnete Fasern als Reste der Opticusausbreitung; sehr deutlich tritt dagegen die Stützsubstanz der Nervenfaserschicht als Querfibrillen hervor, zuweilen auseinanderweichend und kleine Hohlräume umschliessend. An den noch erhaltenen Fasern kann man Anschwellungen und Knotenbildungen beobachten, hier und da sieht man Auffaserung und körnigen Zerfall. Rundliche, tropfenähnliche Gebilde von homogenem Aussehen erinnern an die Myelintropfen, wie sie schon im Opticusstumpf beobachtet wurden. Die Ganglienzellen sind an Zahl entschieden vermindert. Man sieht noch eine grosse Anzahl davon wohl erhalten mit gut gefärbtem Kern und Kernkörperchen, gut conservirtem Protoplasmaleib und davon ausgehenden Fortsätzen. Daneben aber bestehen deutliche Zeichen der Degeneration.

An vielen Zellen fehlen die Fortsätze. Der Protoplasmaleib ist geschrumpft und von körnigem Aussehen. Viele Kerne zeigen ein stärker tingirtes Chromatingerüst. Oefter auch ist das Protoplasma der Ganglienzellen umgewandelt in eine glashelle Substanz, welche einen Theil oder die ganze Zelle einnimmt. An anderen sah ich einen getrübten und geschwellten Nucleus, die Zellumrisse waren ganz unregelmässig; Granula- und Vacuolenbildung fand sich in dem Protoplasmaleib, die Fortsätze fehlten. Streckenweis schliesslich fehlten die Ganglienzellen vollständig, besonders nach der Peripherie zu. Ueberhaupt machte es den Eindruck, als sei die Degeneration nach der Ora serrata zu am weitesten fortgeschritten, während die der Papille näher gelegenen Theile noch besser conservirt waren.

Die übrigen Netzhautschichten sind so gut wie gar nicht verändert. Die Structur der inneren reticulären Schicht, besonders die der Retinaoberfläche parallel laufenden Fasern treten deutlich hervor. Die äussere reticuläre Schicht erscheint kaum verschmälert. Die innere und äussere Körnerschicht ist ebenso breit wie an dem normalen Auge, zeigt gut gefärbte Kerne und nirgends Zeichen von Degeneration. Auch die Stäbchen- und Zapfenschicht ist wohl erhalten.

Das Pigmentepithel erwies sich als ganz normal: es lag als einfache Schicht der Aderhaut auf mit einem der Norm entsprechenden Pigmentgehalt. An einem albinotischen Thiere aus dieser Gruppe konnte ich mich überzeugen, dass die Struktur dieser Zellschicht ganz normal war: ich sah nirgends Wucherungen oder etwa degenerative Vorgänge. Ich möchte gleich jetzt schon betonen, dass bei keinem Thiere dieser Gruppe in der Netzhaut abnormes Pigment gefunden wurde, nirgends war ferner irgend welche Verwachsung der Netzhaut mit der Aderhaut zu sehen. Die letztere war völlig normal ausgebildet, ebenso wenig unterschied sich die Struktur der übrigen Bulbustheile der operirten Seite von der der nicht operirten.

Am centralen Opticusende hatte sich die Degeneration von dem Schnittende aus nach aufwärts schon sehr weit fortgepflanzt. Ich konnte in dem orbitalen Theile des Stranges keine Sehnervenfasern mehr nachweisen. Vielmehr bestand derselbe aus einem feinfibrillären Bindegewebe mit reichlichem Kerngehalt. Erst näher dem Chiasma zu gelang es, mit der Weigert'schen Reaction noch gut gefärbte Opticusfasern zu finden. Daneben waren allerdings auch hier schon ausgedehnte Degenerationserscheinungen vorhanden: zerfallene Fasern neben eigenthümlich,

krümlichen Massen und grösseren mehr homogen aussehenden kugeligen Gebilden ohne Kerne. Das interstitielle Bindegewebe war sehr reich an Kernen und zwar um so mehr, je näher man dem Chiasma kam. Zum Theil waren auch in diesen Kernen Anzeichen von Zerfall nachzuweisen. Sie erschienen hier und da granulirt, gelappt; die Chromatinsubstanz war zusammengeschrumpft. Das Chiasma der Thiere dieser Gruppe zeigte keine Degenerationserscheinungen, es unterschieden sich die Tractus der beiden Seiten — der operirten und nicht operirten — in keiner Weise: beide zeigten mit Weigert'scher Färbung schön gefärbte Fasern in Totalkreuzung übergehend.

An der Hand der von den späteren Stadien gewonnenen pathologisch-anatomischen Präparaten habe ich dann die weiteren Grade der Degeneration beobachtet. Im Allgemeinen lässt sich der Fortgang derselben charakterisiren durch eine stetig fortschreitende Atrophie der nervösen Elemente und eine sehr langsam zunehmende Hyperplasie der Stützsubstanz im Sehnerven und der Netzhaut.

Schon im 5. bis 6. Monat nach der Durchschneidung sind in dem am Bulbus hängenden Opticusstumpfe keinerlei Nervenfasern mehr zu entdecken. Derselbe besteht ebenso wie der Boden der ampullenförmig ausgebuchteten Papille aus einem durcheinandergewirrten Netzwerk von fibrillärem Bindegewebe mit relativ grossem Kernreichthum. Von den Markflügeln lässt sich auch in den seitlich von der Papille gelegenen Schnitten nichts mehr auffinden. Auch sie sind ersetzt durch eine Schicht von feinmaschigem Bindegewebe. Die Nervenfasern der Netzhaut sind vollständig zu Grunde gegangen; ebenso hat die Zahl der Ganglienzellen weiter abgenommen. Doch kann man noch mit Sicherheit neben den verschiedensten Degenerationsstadien derselben wohlerhaltene Ganglienzellen nachweisen. Die Müller'schen Stützfasern erscheinen um diese Zeit entschieden hyperplasirt. Die einzelnen Faserkegel treten deutlicher hervor und sind dicker als die der normalen Augen. Selten konnte ich eine Verlängerung derselben

über die Limitans interna hinaus beobachten; zuweilen gingen feine Fortsätze in den Glaskörperraum hinein. Die übrigen Schichten zeigten sich auch jetzt fast gar nicht verändert. Man konnte die Faserung der reticulären Schichten gut erkennen. Die Körnerschichten waren vollständig gesondert und gut tingirt, eine Verminderung der Elemente liess sich nicht feststellen. Die Stäbchen- und Zapfenschicht war bei allen Thieren leicht als solche zu erkennen; die einzelnen Elemente waren genau zu unterscheiden. Jedoch liessen sich bei einigen Thieren feinere Veränderungen nachweisen. Zunächst fiel mir bei Präparaten, die mit Hämatoxylin und Eosin gefärbt waren, eine namentlich am hintern Pol der Netzhaut auftretende Verlängerung der Aussenglieder auf. Dieselben waren hier und da zu feinen Bündeln verschmolzen; einige Mal konnte ich auch eine Abdrängung der Schicht von dem Pigmentepithel an einzelnen Stellen constatiren. Die Innenglieder waren gut erhalten und zeigten, mit Eosin gefärbt, keine wesentliche Differenz gegen die früheren Befunde.

Auffallender war dagegen eine Differenz in der Tinctionsfähigkeit, wenn man die Präparate mit einer angesäuerten Hämatoxylinlösung überfärbte und sie dann mit der bekannten Weigert'schen Flüssigkeit differenzirte. Die Präparate wurden für 24 Stunden in eine 3,5 % Kalibichromat-Lösung gelegt, dann direct in eine alkoholische Hämatoxylinlösung, der etwas 3 % Essigsäure zugesetzt war, gebracht. Hierin blieben die Präparate bei Brutofentemperatur ca. 18—24 Stunden und wurden danach in der bekannten Weigert'schen Differenzirungsflüssigkeit (Borax 2, Ferricyankalium 2,5, Wasser 200) entfärbt. Es zeigte sich nun, dass bei normalen Netzhäuten ausser den Markstrahlen sich besonders die Innenglieder der Stäbchen- und Zapfenschicht dunkelbraun bis schwarz färbten, während die anderen Schichten nur einen hellbraunen Ton annahmen. In den Augen, welche drei Monate nach der Opticusdurchschneidung untersucht wurden,

fand sich in der Imprägnation der Stäbchen- und Zapfenschichte kein Unterschied gegenüber den normalen Präparaten. Dagegen war es auffallend, wie wenig die Färbung derselben im sechsten Monat nach der Durchschneidung gelang. Hier zeigten an den vorderen Netzhautpartheen die sonst gut zu unterscheidenden Innenglieder streckenweis nur einen gelblich-braunen Farbenton; an anderen Stellen waren vereinzelte noch deutlich dunkelbraun oder schwarz gefärbt, namentlich Zapfen; erst nach dem hinteren Pol zu wurde die Tinctionsfähigkeit besser, doch gelang es niemals, eine so gleichmässige Imprägnation zu erzielen, wie bei den Netzhäuten der normalen Augen, welche stets zur Controle gleichzeitig mit denselben Lösungen behandelt wurden.

Das Pigmentepithel zeigte auch in diesem Stadium keinerlei Veränderungen; der Pigmentgehalt war derselbe wie bei den normalen Augen. Die Struktur der Zellen, die ich wiederum an albinotischen Thieren genauer beobachten konnte, wich nicht von der Norm ab. Nirgends fand sich abnorme Pigmentirung in anderen Netzhautschichten vor. Die Aderhaut und die übrigen Bulbusabschnitte erwiesen sich als normal. Nur bei einigen Thieren zeigte sich ganz am Papillenrand ein chorioretinitischer Heerd: es waren das zwei von den Thieren, bei welchen wir mit dem Spiegel schon die circumscripte Pigmentirung oberhalb der Papille gefunden hatten. Mikroskopisch fällt zunächst eine auf die nächste Umgebung oberhalb der Papille beschränkte ausserordentliche Verdünnung der Retina auf. Man erkennt nichts mehr von den ursprünglichen Schichten; das Ganze stellt sich dar als eine dünne Lage von feinen, durcheinander gehenden Fasern, zwischen denen Kerne und Zellen der verschiedensten Art liegen. Es ist nicht möglich, zu entscheiden, aus welchen Schichten die einzelnen Bestandtheile stammen: sie haben alles charakteristische verloren. Man sieht kleine, stark tingirte Kerne von mehr

länglicher Gestalt, daneben grössere, blasenartige, runde, mit geschrumpfter Chromatinsubstanz. Die Zellenleiber sind stark geschrumpft, hier und da granulirt, an einigen erkennt man Fortsätze; daneben sind spärliche Lymphzellen zu finden. Auffallend ist der Pigmentgehalt der stark degenerirten Netzhaut. Ueberall sieht man die braunen Körnchen, theils in den veränderten Zellen, theils frei zwischen den Fasern. Mit Sicherheit lassen sich auch mit Pigment vollgepfropfte Lymphzellen nachweisen. Das Pigmentepithel ist im Bereich dieser ganzen Parthie ebenfalls deutlich verändert. An einigen Stellen ist es unzweifelhaft gewuchert mit Fortsatzbildung nach der Retina zu, an anderen fehlt es fast ganz. Dort ist dann die Netzhaut mit der Aderhaut scheinbar verwachsen; doch geht das veränderte Netzhautgewebe nicht direct in das Aderhautgewebe über, sondern es gelingt fast überall, die trennende Glaslamelle der Aderhaut noch nachzuweisen. Die Aderhaut selbst ist auch nicht frei von Veränderungen; sie ist verbreitert, ihr Bindegewebe vermehrt, während der Gefässreichthum entschieden vermindert ist; stellenweise scheinen sogar die Gefässe ganz zu fehlen. Eine spärliche Durchsetzung mit Lymphzellen ist auch hier nachweisbar. Am Rande dieses circumscripten, chorioiditischen Heerdes, wird die Netzhaut bedeutend breiter, das abnorme Pigment verschwindet aus ihren Schichten, welche ihrerseits wieder deutlich hervortreten. Zuerst sind die äussere Körnerschicht und die Müller'schen Radiärfasern zu unterscheiden. Letztere zeigen in dieser Uebergangsparthie unverkennbare Degenerationserscheinungen, bestehend in Verdickung und Verlängerung, öfter auch Auffaserung der äusseren Theile der Fasern und in granulirtem Zerfall ihrer inneren Abschnitte. Die innere Körnerschicht und die Stäbchen- und Zapfenschicht kann man erst um eine geringe Strecke weiter peripherwärts unterscheiden. Die Uebergangszone der ersteren enthält Zellen mit mannigfachen Veränderungen,

theils sind sie granulirt, theils zeigen sie Vacuolen. Die Kerne sind geschrumpft und oft stärker tingirt. Die Stäbchen und Zapfen sind in dieser Grenzparthie ebenfalls stark verändert. Manche erscheinen als undifferenzirte, glänzende Masse, hier und da mit glänzenden Schollen im Innern. Andere sind körnig zerfallen, geschwollen und zuweilen auf das doppelte und dreifache vergrössert. Knötchenbildung in den Wänden und keulenförmige Anschwellungen am äusseren Ende und Auffaserung derselben kommen vor. Die Aussenglieder sind in Büschel zusammengedrängt und durch eine Eiweissschichte vom Pigmentepithel abgelöst, die Zapfenkörner zum Theil zerfallen, zum Theil hyalin degenerirt. Dieser ganze destructive Process beschränkte sich aber auf die nächste Nachbarschaft des chorioretinitischen Heerdes, die sich daran anschliessende Netzhaut liess genau dieselben Veränderungen, wie sie schon für die übrigen Bulbi beschrieben worden sind, erkennen.

Auch in diesem Stadium zeigten die Netzhautgefässe in keinem Falle Veränderungen ihres Lumens oder ihrer Wandungen.

In dem centralen Opticusende war nach dem fünften Monat die Atrophie bis zum Chiasma vorwärtsgeschritten, ja man konnte ganz deutlich eine beginnende Atrophie des Tractus der anderen Seite nachweisen. Man sah wiederum Zerfallsproducte der Nervenfasern, Vermehrung des Bindegewebes, mit gegen früher noch gesteigerter Kernvermehrung. Der Opticus und der entsprechende Tractus der anderen Seite waren vollständig normal. In den noch später nach der Durchschneidung untersuchten Augen waren die Veränderungen noch hochgradiger. Es fand sich bei Gruppe X, welche erst $1^1/_2$ Jahr nach der Operation zur pathologisch-anatomischen Untersuchung kam, Folgendes:

Der bulbäre Opticusstumpf, die Papille und die Markstrahlung lassen keine Spur mehr von Nervensubstanz erkennen. Der Stumpf besteht aus kernreichem, fein fibril-

lärem Bindegewebe mit netzförmiger Anordnung, durchzogen von dickeren Bindegewebssepten; das Ganze ist umgeben von den aus faserigem Bindegewebe bestehenden Scheiden, welche ihrerseits mit dem Bindegewebsüberzug über dem Schnittende im Zusammenhang stehen. Die Papille ist ausserordentlich tief excavirt und besteht ebenfalls aus faserigem Bindegewebe mit zahlreichen länglichen Kernen. Dieses Gewebe setzt sich zu beiden Seiten an Stelle der Markstrahlung als dünne Schicht über die Netzhaut fort.

Von einer Nervenfaserschicht der Netzhaut kann man in diesem Stadium überhaupt nicht mehr sprechen, dieselbe ist vollständig verschwunden, nur hier und da sieht man noch Reste von dem feinen Maschenwerk, welches in den früheren Stadien an Stelle der Nervenfasern getreten war. Ebenso sind die Ganglienzellen sämmtlich zu Grunde gegangen. Ich konnte nirgends mehr ausgebildete Zellen finden, nur spärliche Rudimente liessen sich nachweisen, sich darstellend als kleine, rundliche, geschrumpfte Zellen mit stark tingirten, granulirten Kernen. Dagegen traten ausserordentlich deutlich die Müller'schen Stützfasern zu Tage. Dieselben waren entschieden verdickt und ihre Faserkegel verbreitert, die Fortsätze über die Limitans interna waren reichlicher vorhanden als früher. Die Fasern liessen sich durch die ganze Netzhaut sehr gut verfolgen, ihr Kerntheil trat scharf hervor, zeigte aber keine wesentlichen Veränderungen. Die innere reticuläre Schicht liess sich als feines, netzförmiges Maschenwerk erkennen, ziemlich unverändert, ebenso die innere Körnerschicht. Nur waren die Elemente der letzteren etwas auseinander gedrängt, deutliche Vacuolenbildung aber fehlte. Die Zellen selbst waren gut gefärbt und ohne Veränderungen. Ueberall waren die beiden Körnerschichten durch die äussere reticuläre Schicht gut getrennt. Die äussere Körnerschicht war durchaus normal. Dagegen zeigte sich bei den Stäbchen und Zapfen gegen früher eine entschiedene Zunahme der feinen

Veränderungen, welche schon nach dem fünften Monat aufzutreten begonnen hatten. Die Aussenglieder waren an vielen Präparaten nicht unbeträchtlich verlängert und büschelförmig angeordnet, grössere und kleinere Hohlräume umschliessend. Sehr oft sah man an Stelle der Aussenglieder von den Innengliedern nur noch feinste Fädchen nach der Pigmentepithelschicht ziehen. Die Innenglieder selbst waren scheinbar ohne Strukturveränderungen. Doch beobachtete ich in diesen späten Stadien ziemlich oft eine leichte Abhebung der ganzen Schicht von der Limitans externa. In diesen Fällen konnte man an einer grossen Reihe von Präparaten die Innenglieder auslaufen sehen in feinste Fädchen, durch die sie mit der Limitans externa zusammenzuhängen schienen. Ferner fiel auf, dass die Tinctionsfähigkeit mit der angesäuerten Hämatoxylinlösung in der schon angegebenen Weise jetzt bei allen Präparaten gänzlich geschwunden war, die Netzhaut war nur gleichmässig bräunlich gefärbt. Das Pigmentepithel, die Netzhautgefässe, die Aderhaut und der übrige Bulbus waren auch bei diesen Thieren ohne sichtbare Strukturveränderungen.

An einem Auge aus dieser Gruppe fand ich wiederum, entsprechend dem ophthalmoskopischen Bilde, circumscripte Veränderungen an der Papille, ganz ähnlich den schon beschriebenen: hochgradige Destruction der Netzhaut mit Auflösung aller Schichten, Pigmenteinwanderung, Gefässveränderungen und geringe Bindegewebshypertrophie in der Aderhaut. Ein deutlicher Faseraustausch zwischen den beiden veränderten Membranen liess sich auch hier nicht nachweisen. Eine kurze Grenzzone trennte diese geschilderte Parthie von der übrigen Netzhaut, deren Veränderungen durchaus in dem Rahmen der sonst in diesem Stadium erhobenen Befunde blieben.

Im centralen Opticusende liess sich eine totale Atrophie nachweisen, welche sich durch das Chiasma in den Tractus

der anderen Seite verfolgen liess. Es gelang auch mit Weigert'scher Färbung nicht, irgend welche Fasern in letzterem nachzuweisen. Vielmehr konnte man constatiren, dass derselbe umgewandelt war in einen glatten, dünnen Bindegewebsstrang von fein fibrillärer Struktur mit reichlichen Kernen.

Der andere Tractus dagegen zeigte weder auf dem Längs- noch auf dem Querschnitte irgend welche Atrophie. Mit Weigert'scher Färbung konnte man schön den Faserverlauf bis in den Opticus, der zum normalen Auge gehörte, verfolgen.

Mit einigen Worten möchte ich nun noch auf zwei Fälle eingehen und zwar zunächst auf das Thier aus Gruppe VIII. Bei demselben hatten wir mit dem Spiegel das gänzliche Fehlen der Netzhautgefässe constatirt neben dem totalen Schwund der Markflügel und der tief atrophisch excavirten Papille.

Mikroskopisch zeigten sich nun ganz entsprechende Veränderungen des Opticus und der Netzhaut, wie wir sie soeben genauer beschrieben haben. Der am Bulbus hängende Opticusstumpf, die Papille und die Markflügel waren ersetzt durch kernreiches, feinfaseriges Bindegewebe. In der Netzhaut fehlte die Nervenfaserschicht ganz, von den Ganglienzellen waren nur noch vereinzelte erhalten. Die Körnerschichten zeigten so gut wie keine Veränderung gegen die normale Netzhaut des anderen Auges. An der Stäbchen- und Zapfenschicht liess sich die verminderte Tinctionsfähigkeit der Innenglieder und die Hyperplasie der Aussenglieder constatiren. Das Pigmentepithel war normal, nirgends abnorme Pigmentirung in der Retina, abgesehen von der circumscripten, chorioretinischen Parthie oberhalb der Papille, die ein ganz ähnliches Bild bot wie in den früheren Fällen. Mithin bestand volle Uebereinstimmung mit den sonst erhobenen Befunden. Nur in einem Punkte zeigte sich eine Abweichung. Während

nämlich bei den anderen Präparaten die Netzhautgefässe dieselben Verhältnisse ihrer Wandungen und Lumina darboten wie die normalen Controlthiere, zeigten sich hier die Netzhautgefässe stark verändert. Sie waren obliterirt, bei den kleineren war das verengte Lumen vollständig ausgefüllt mit hyalinen Massen; bei den grösseren war noch ein stark verengtes Lumen zu sehen. Die Wandungen waren an allen Seiten verdickt, zum grossen Theil von homogenem Aussehen. Die an manchen Stellen noch unterscheidbaren Zellen zeigten sich granulirt oder in Zerfall begriffen, nirgends sah ich etwas von neugebildeten Gefässen in der Netzhaut. Wir können also hier mit Sicherheit eine vollständige Unterbrechung der Netzhautcirculation annehmen, welche aber auf die durch die Opticusdurchschneidung hervorgerufene Netzhautdegeneration ohne jeden Einfluss geblieben ist.

Das andere Thier erfordert deshalb eine gesonderte Besprechung, weil mit dem Spiegel schon festgestellt werden konnte, dass bei ihm die Durchschneidung nicht ganz gelungen war. In der That entsprach dem der mikroskopische Befund vollkommen, und zwar waren die Präparate ausserordentlich instructiv. Man konnte nämlich an verticalen Schnitten durch den Bulbus den Effect der Durchschneidung des Opticus in der degenerirten oberen Netzhauthälfte studieren und mit der normal ausgebildeten unteren Hälfte vergleichen.

Man sah sehr deutlich, namentlich mit der Weigert'schen Färbung, die wohlerhaltenen, schön blauschwarz tingirten Nervenfasern der unteren Opticushälfte beim Eintritt in den Bulbus sämmtlich umbiegen in die ebenfalls gut gefärbte Markstrahlung der unteren Bulbushälfte. Der obere Theil des Opticus dagegen, die ihm zugehörige Papillenhälfte und die Markstrahlung der oberen Bulbushälfte waren total atrophirt und bestanden nur aus einem feinen, faserigen, kernreichen Bindegewebe. Dementsprechend zeigte auch

die untere Netzhauthälfte normales Verhalten, die obere dagegen ganz dieselben Veränderungen, wie wir sie bei den anderen Thieren nach der Totaldurchschneidung des Opticus beobachtet hatten. Ich brauche dieselben nicht nochmals auszuführen; hervorheben möchte ich nur, dass der Unterschied der Tinctionsfähigkeit mit saurer Hämatoxylinlösung in angegebener Weise in der Stäbchen- und Zapfenschicht auf beiden Seiten in diesem Falle ganz besonders auffallend war. Man sah gut schwarz imprägnirte Stäbchen und Zapfen auf der normalen Seite mit deutlich hervortretendem Zapfenkorn, dagegen blassgelben Farbenton der ganzen Netzhaut auf der operirten Seite ohne irgend welches Hervortreten der Stäbchen und Zapfen.

Ferner möchte ich noch erwähnen, dass ganz dicht am oberen Papillenrand sich ein ähnlicher circumscripter, chorioretinitischer Heerd fand, wie wir ihn bereits in einigen früheren Fällen angetroffen haben; auch hier stark verschmälerte, degenerirte Netzhaut mit abnormer Pigmentirung, die Aderhaut ebenfalls degenerirt, nahezu gefässlos, das Zwischengewebe vermehrt. Doch auch in diesem Falle war der ganze Process nur dicht oberhalb der Papille localisirt, die übrige Aderhaut war normal; die Netzhaut zeigte die schon beschriebenen Degenerationserscheinungen ohne abnorme Pigmentirung.

Das centrale Opticusende liess sich als dünner Nervenstrang bis zum Chiasma gut verfolgen. An Durchschnitten durch den Nerven sah man eine totale Atrophie der oberen Hälfte, die untere war gut erhalten und gab gute Färbungen mit Weigert. Im Chiasma ging der zum Theil atrophische Nervenstrang mit dem normalen der anderen Seite ebenfalls eine Totalkreuzung ein. In Tractusquerschnitten konnte ich mit Sicherheit feststellen, dass die Atrophie nur auf den einen Tractus beschränkt geblieben war, und zwar war auch hier namentlich der obere Theil atrophirt; allerdings war auch lateral eine deutliche Verschmälerung

mit Ausfall der Tinctionsfähigkeit nach Weigert zu constatiren.

Fassen wir jetzt die Resultate, die wir in pathologisch-anatomischer Hinsicht durch die Opticusdurchschneidung in unseren Fällen erhalten haben, zusammen, so ergiebt sich übereinstimmend ein vollständiger Schwund der Nervenfasern im bulbären Opticusstumpf und der Netzhaut. Ganz allmählich folgt demselben eine Atrophie der Ganglienzellen, von denen wir in den spätesten Stadien nur noch sehr spärliche Reste zu finden vermochten. Hand in Hand mit diesem Schwund der nervösen Elemente geht eine geringe Hyperplasie der Stützsubstanz. Die Körnerschichten sind selbst nach einem Jahre noch so gut wie normal, die Stäbchen und Zapfen dagegen zeigen ungefähr vom sechsten Monat ab feinere Degenerationserscheinungen, welche ganz allmählich zunehmen. Doch kann man selbst $1^1/_2$ Jahr nach der Durchschneidung die einzelnen Elemente noch deutlich unterscheiden. Es sind dies also im Ganzen dieselben Befunde, die Wagenmann, wie aus der Einleitung hervorgeht, an erwachsenen Thieren erheben konnte.

Fortgeführt und erweitert sind Wagenmann's Beobachtungen insofern, als ich in der Lage war, die Veränderungen der Stäbchen- und Zapfenschichte in den späteren Stadien genauer zu studieren. Wagenmann beobachtete sechs Monate nach der Durchschneidung des Opticus stellenweis eine Verlängerung der Stäbchen und Zapfen und Abhebung derselben von der Limitans externa, hier und da auch Vacuolenbildung zwischen Pigmentepithel und der Stäbchenschicht. Diese Veränderungen, die ich in ähnlicher Weise auch im sechsten Monat fand, nahmen nun nach meinen Beobachtungen im Laufe der Zeit entschieden noch zu; die Verlängerung der Aussenglieder der Stäbchen- und Zapfenschichte wurden immer ausgesprochener, an manchen Augen betrug sie fast das zwei- bis dreifache der Norm; die Aussenglieder legten sich zu feinen Büscheln zu-

sammen, zwischen sich kleinere und grössere Hohlräume einschliessend, und stellten sich dann als ganz feine Fädchen dar, welche zum Pigmentepithel hinzogen. Die Innenglieder zeigten sich in den spätest beobachteten Stadien deutlich von der Limitans externa abgehoben, sie waren an ihren inneren Enden in feine Fäserchen ausgezogen, durch welche sie mit der Limitans die Verbindung aufrecht zu erhalten schienen. Dass auch die Innenglieder selbst verändert waren, bewies ihr Verhalten gegenüber der angesäuerten Hämatoxylinlösung mit nachfolgender Differenzirung nach Weigert.

Das alles deutet meiner Ansicht nach auf feine degenerative Veränderungen, zum Theil chemischer Natur, die bedingt sind durch den Schwund der nervösen Netzhautelemente. Die ganzen Veränderungen etwa als Leichenerscheinungen zu erklären, ist meiner Ansicht nach unmöglich. Denn ich konnte ähnlich wie Wagenmann schon am lebenden Thier eine leichte Abnahme der Durchsichtigkeit der Netzhaut wahrnehmen, und zwar am ausgesprochensten in den spätesten Stadien, in denen auch die eben beschriebenen mikroskopischen Veränderungen am deutlichsten waren.

Ausserdem wurden die Bulbi sofort nach der Tödtung des Thieres enucleirt, schnell gemessen und dann in Müller-Formol fixirt, es war somit kaum Zeit zu postmortalen Veränderungen. Vor allem aber fehlten an den stets in gleicher Weise behandelten normalen Controlaugen ähnliche Veränderungen vollständig; ebenso fanden wir ja auch bei dem Thier, bei dem der Opticus nur halb durchschnitten war, auf der gesunden Seite gut färbbare, normale Stäbchen und Zapfen, auf der Seite dagegen, auf der die nervösen Elemente als Folge der Durchschneidung zu Grunde gegangen waren, in ausgesprochenstem Maasse die oben beschriebenen Veränderungen.

Schliesslich konnte ich zum Vergleich auch Augen

heranziehen, bei denen sicher Leichenerscheinungen ausgebildet waren. Es waren das Thiere, die erst nach zwölf und mehr Stunden post mortem zur Enucleation kamen. Ich habe dieselben bei den früheren Beschreibungen absichtlich ganz bei Seite gelassen und möchte auch hier nur erwähnen, dass die bei ihnen gefundenen postmortalen Veränderungen doch wesentlich anders aussahen. Die Netzhaut war oft gefaltet, in diesen Falten fand sich krümliches, scholliges Eiweiss, sowohl an der inneren, wie auch an der äusseren Seite. Die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen waren durcheinandergewirrt, zumeist in feinste Körnchen zerfallen, von dem Pigmentepithel oft auf grosse Strecken durch Eiweiss abgehoben. Die Körnerschichten waren hier und da in einander geraten, zeigten Vacuolen, eben solche fanden sich auch in der nervösen Schicht. Es sind dies also ganz andere Befunde, als wir bei den operirten Thieren als Folge der Opticusdurchschneidung erheben konnten.

Das im Ganzen sieben Mal beobachtete Auftreten von chorioretinischen Veränderungen dicht oberhalb der Papille habe ich absichtlich nicht bei der Recapitulation der Folgen der Sehnervendurchschneidung erwähnt, weil es, wie schon angedeutet, nicht als solche anzusehen ist. Denn durch die schon erwähnten Experimente Wagenmann's (l. c. p. 70) ist ja der Beweis erbracht, dass die chorioretinischen Veränderungen nur auftreten, wenn Ciliargefässe durchschnitten sind. Die bei der Operation der Thiere beobachteten wenn auch geringen Blutungen, liessen keinen Zweifel darüber aufkommen, dass auch ich bei der Opticusdurchschneidung Gefässe mit verletzt hatte. Dass das nicht die Netzhautgefässe waren, konnte ich mit dem Spiegel leicht constatiren. Vielmehr zeigte der weitere Verlauf, die völlige Uebereinstimmung der ophthalmoskopischen und mikroskopischen Befunde mit denen von Wagenmann, dass es sich auch bei meinen Thieren um die Läsion einiger kleinen hinteren Ciliargefässe gehandelt haben musste. Ich konnte daher die

Injection der Gefässe unterlassen, durch welche die feineren Veränderungen in der Netzhaut, auf die es mir vor allem ankam, leicht hätten beeinflusst werden können. Zudem hatte ich ja Vergleichsthiere genug, bei denen der Sehnerv sicher blutleer durchschnitten war, und bei denen keinerlei chorioretinitische Veränderungen aufgetreten waren, um leicht die Folgen der reinen Opticusdurchschneidung von denen der Gefässläsion trennen zu können.

Aber selbst, wenn wir etwa diese Thiere ganz ausschalten würden als nicht ganz rein gelungene Experimente, so würden die Befunde an den anderen vollständig genügen, um eine Bestätigung der Wagenmann'schen Experimente für erbracht zu halten. Auch darin stimme ich ganz mit Wagenmann überein, dass die Mitdurchschneidung der Retinagefässe, die wir bei Thier IX mit dem Spiegel und dem Mikroskop constatiren konnten, keinerlei Aenderung oder Beschleunigung der Degenerationsvorgänge in der Netzhaut hervorruft. Wir fanden dieselben Veränderungen wie bei den übrigen Thieren, bei denen die Netzhautgefässe sicher erhalten geblieben waren.

Es fragt sich nun, wie soll man sich die ganz anders lautenden Resultate von Colucci erklären? Er beschreibt viel hochgradigere Zerstörungen in der Retina, welche in viel kürzerer Zeit nach der Operation eintraten. Schon am achten Tage beobachtete er deutliche Veränderungen und Trübung der Stäbchenfasern, Umwandlung in eine homogene Masse, später dann Vermehrung der Querbälkchen und Auflösung in Granula. Auch die anderen Schichten waren bei Colucci hochgradigst verändert: die reticulären Schichten gingen sehr bald zu Grunde, die Körnerschichten zerfielen mit Cysten- und Lacunenbildung, welche von dem Autor als Erweichungsheerde erklärt werden. Schon nach einem Monate konnte derselbe deutliche Degeneration der Ganglienzellen constatiren, während die Opticusfasern schon in den ersten Tagen nach der Durchschneidung Verschmäle-

rung und Zerfall in Detritus zeigten. Vor allem aber sah Colucci im vierten Monat regelmässig Pigmenteinwanderung in die degenerirte Netzhaut längs der Müller'schen Fasern. Bei einer Reihe von Thieren schliesslich trat meist am hinteren Pol eine ausserordentlich schnelle Vernichtung aller Netzhautschichten ein unter dem Bilde der Coagulationsnekrose.

Von allen diesen schweren destructiven Veränderungen sah ich bei meinen Thieren nichts. Die Degeneration trat viel langsamer auf und beschränkte sich hauptsächlich auf die nervösen Elemente; die Körnerschichten blieben fast ganz intact, niemals wurde Pigmenteinwanderung gesehen oder gar Nekrose der Netzhaut. Ebenso wenig finde ich bei Wagenmann nach einfacher Opticusdurchschneidung derartig schwere Folgezustände. Wohl aber stimmen die Schilderungen, die Wagenmann von den Fällen giebt, in denen er den Opticus und die Ciliargefässe verletzt hat, ganz überein mit den aus der Colucci'schen Arbeit referirten. Wagenmann sah bei diesen Thieren raschen Zerfall und Schwund der Nervenfasern und Ganglienzellen, die verschiedensten Grade der Degeneration aller Netzhautschichten bis zum vollständigen Zerfall und ausgesprochene Pigmenteinwanderung in die so veränderte Netzhaut. Bei noch weitergehender Zerstörung der Ciliargefässe trat dann Nekrose und rascher totaler Zerfall der Netzhaut ein. Aus dieser auffallenden Uebereinstimmung mit den Wagenmann'schen Befunden nach Zerstörung des Opticus und der Ciliargefässe kann man mit Sicherheit schliessen, dass auch Colucci neben dem Opticus die Ciliargefässe mehr oder weniger mit verletzt hat. Dass Colucci thatsächlich Gefässe mit durchschnitten hat, geht aus verschiedenen Stellen seiner Arbeit hervor. Jedoch hat er sich niemals über die Ausdehnung dieser Gefässverletzung Rechenschaft gegeben, es fehlen jederlei Angaben über ophthalmoskopische Befunde, oder über Resultate von Gefäss-

injectionen. Vielmehr geht aus der Begründung der von ihm gewählten Operationsmethode — Abtragung des oberen Orbitalbogens und Durchschneidung des Opticus von hinten — hervor, dass Colucci den von ihm gesetzten Gefässläsionen gar keinen grösseren Einfluss auf die Degenerationsresultate in der Netzhaut beigemessen hat. Denn er schreibt, dass er bei seiner Operationsweise nur kleine Gefässe verletzt habe, von geringer Bedeutung für die Ernährung des Bulbus, von gar keiner für die der Netzhaut.

Dass diese Annahme aber eine irrige war, und dass seine Resultate stark durch die Verletzung der Ciliargefässe beeinträchtigt sind, geht, wie schon gesagt, aus der Uebereinstimmung mit Wagenmann's Befunden mit Sicherheit hervor. Die Durchschneidung des Opticus allein ergiebt keine anderen Degenerationserscheinungen in der Netzhaut als die von mir oben genauer mitgetheilten.

Mit einigen Worten habe ich noch einzugehen auf die mitgetheilten Veränderungen am centralen Opticusende und am Chiasma. Wir sahen, dass die aufsteigende Atrophie sich ziemlich schnell bis zum Chiasma fortpflanzte, dass dann der Fortschritt etwas langsamer war. In dem Chiasma fanden wir, wie schon längst bekannt, eine totale Kreuzung der Opticusfasern bei den Kaninchen. Interessant ist der Fall, bei dem die Durchschneidung nur zur Hälfte gelungen war. In demselben war die obere Netzhauthälfte degenerirt, die von der Schnittstelle aufsteigende Atrophie machte sich im weiteren Verlauf immer am oberen Opticustheil bemerkbar, ebenso im Tractus. Allerdings war weiter centralwärts in demselben eine leichte Auswärtsdrehung der atrophischen Parthie zu constatiren. Es scheint also, als ob die betreffenden Netzhautparthieen von regionär zu geordneten Opticusfasern versorgt werden und dieses Verhältniss auch im Tractus eine Strecke weit so bleibt; erst später scheint eine allmähliche Drehung der Fasern nach der lateralen Seite zu stattzufinden.

Aeusserst interessant sind nun die schon angedeuteten Wachsthumstörungen an den operirten Augen. Ich hatte gleich zu Beginn meiner Experimente von mehreren ca. drei Wochen alten normalen Thieren mit möglichster Genauigkeit die Bulbi gemessen. Und zwar bestimmte ich zunächst den Cornearadius mit dem Astigmometer von Javal-Schiötz, wobei ich mich darauf beschränkte, durch wiederholte Messungen den Radius der Hornhaut im horizontalen Meridian festzustellen, da der Versuch, auch den verticalen Hornhautmeridian zu messen, an der grossen Unruhe der Thiere scheiterte, veranlasst durch die zur exacten Messung nöthige künstliche Oeffnung der Lidspalte. Es beziehen sich daher auch alle später gemachten Maassangaben stets auf den horizontalen Meridian. Darauf wurden die Thiere getödtet und an den frischen Augen sofort die Corneadurchmesser, ferner die verticalen, sagittalen und horizontalen Durchmesser der Bulbi gemessen, schliesslich auch die verticalen, horizontalen und äquatorialen Umfänge.

In der gleichen Weise wurden dann bei allen operirten Thieren die normalen und operirten Augen ausgemessen. Schliesslich nahm ich die entsprechenden Maasse auch von ausgewachsenen Thieren im Alter von ca. $1^1/_4$ Jahr. Dass die Thiere alle von derselben Rasse waren, habe ich in der Einleitung schon bemerkt. Die in den folgenden Tabellen enthaltenen Maasse geben zumeist die Mittelwerthe von den in verschiedene Gruppen eingetheilten Thieren, und zwar bestand die Gruppe I aus sechs normalen drei Wochen alten Thieren, Gruppe XI aus sechs normalen mindestens ein Jahr alten Thieren, Gruppe X aus sechs operirten Thieren, welche $1^1/_2$ Jahr nach der Durchschneidung erst getödtet wurden. Die Gruppen II, V, VI und IX umfassten je vier operirte Thiere von verschiedenen aus der Tabelle ersichtlichen Stadien; Gruppe III, IV und VII enthielten nur je zwei operirte Thiere, und Gruppe VIII schliesslich ein einziges Thier.

I. Maasse der Cornearadien in mm.

Gruppe		Normales Auge	Operirtes Auge	Differenz zwischen beiden
I.	Kaninch., 3 Woch. alt, normal	5,59	—	—
II.	„ 3 Mon. n. d. Operat.	6,53	5,74	0,79
III.	„ 4 „ „ „ „	7,03	6,26	0,87
IV.	„ $4^1/_2$ „ „ „ „	7,48	6,49	0,89
V.	„ $5^1/_2$ „ „ „ „	7,97	6,98	0,99
VI.	„ 8 „ „ „ „	8,63	7,57	1,06
VII.	„ $8^1/_2$ „ „ „ „	8,65	7,59	1,04
VIII.	„ $9^3/_4$ „ „ „ „	8,66	7,57	1,03
IX.	„ 11 „ „ „ „	8,67	7,58	1,09
X.	„ $12^1/_2$ „ „ „ „	8,66	7,58	1,06
XI.	„ $12^1/_2$ „ „ alt, norm.	8,66	—	—

II. Maasse der Corneadurchmesser in mm.

Gruppe		normales Auge vertic.	horizontal	operirtes Auge vertic.	horizontal
I.	Kaninch., 3 W. alt, norm.	9,4	10,3	—	—
II.	„ 3 Mon. n. d. Op.	10	12	10,3	11,4
III.	„ 4 „ „ „ „	12	13,1	11,5	12,4
IV.	„ $4^1/_2$ „ „ „ „	12,7	13,6	12	12,8
V.	„ $5^1/_2$ „ „ „ „	13,1	14	12,3	13,1
VI.	„ 8 „ „ „ „	13,9	14,9	13	13,9
VII.	„ $8^1/_2$ „ „ „ „	13,9	14,9	13	14
VIII.	„ $9^3/_4$ „ „ „ „	14,1	15,1	13	14,1
IX.	„ 11 „ „ „ „	13,9	15	12,9	14
X.	„ $12^1/_2$ „ „ „ „	14	15,1	13	14
XI.	„ $12^1/_2$ „ alt, norm.	13,9	15	—	—

III. Maasse der Bulbusdurchmesser in mm.

Gruppe		Sagittaler Durchmesser Normal.Aug.	Sagittaler Durchmesser Operirt. Aug.	Differenz zwischen beiden	Verticaler Durchmesser Normal.Aug.	Verticaler Durchmesser Operirt. Aug	Horizont. Durchmesser Normal.Aug.	Horizont. Durchmesser Operirt.Aug.
I.	Kaninch., 3W. alt, norm.	12	—	—	12,4	—	13,3	—
II.	„ 3 Mon. n. d. Oper.	14,7	13,4	1,3	15	14	16	15,3
III.	„ 4 „ „ „	15,8	14.1	1,7	16	15,5	17	16
IV.	„ $4^1/_2$ „ „ „	16,6	14,9	1,7	16,9	15,5	17,5	16
V.	„ $5^1/_2$ „ „ „	16,8	15,1	1,7	17	16	18	17
VI.	„ 8 „ „ „	18	16	2	18,4	16,5	19,1	17,5
VII.	„ $8^1/_2$ „ „ „	18,3	16,3	2	18,6	17	19,2	18
VIII.	„ $9^3/_4$ „ „ „	18	16	2	18,5	17	19	18
IX.	„ 11 „ „ „	18	16	2	18,5	17	19,7	17,5
X.	„ $12^1/_2$ „ „ „	18,1	16	2,1	18,5	17	19,5	18
XI.	„ $12^1/_2$ „ alt, norm.	18	—	—	18,5	—	19,5	—

IV. Maasse der Bulbusumfänge in mm.

(Durch Messung erhalten.)

Gruppe		Sagittaler Umfang Normal Aug.	Sagittaler Umfang Operirt. Aug.	Horizont. Umfang Normal Aug.	Horizont. Umfang Operirt. Aug.	Aequator. Umfang Normal Aug.	Aequator. Umfang Operirt. Aug.
I.	Kaninch., 3 W. alt, norm.	39	—	40,5	—	41	—
II.	„ 3 Mon. n. d. Oper.	46,5	44	48	45	50	47
III.	„ 4 „ „ „ „	49	47	52	49	52,5	51,5
IV.	„ 4½ „ „ „ „	52	48,1	53	49,3	54,5	50,5
V.	„ 5½ „ „ „ „	53,5	49	55	51	56	52
VI.	„ 8 „ „ „ „	58	52	58,3	53,5	59,5	55
VII.	„ 8½ „ „ „ „	57,5	52,5	58	54,5	59	55,5
VIII.	„ 9¾ „ „ „ „	57,5	52	58,7	53,5	59,5	55
IX.	„ 11 „ „ „ „	58	52,5	60	53	61,5	55
X.	„ 12½ „ „ „ „	58	52	60	53,5	61,5	55,5
XI.	„ 12½ „ alt, normal	57,5	—	59,5	—	60	—

Bei Betrachtung zunächst der normalen Maasse sieht man sogleich, dass das Wachsthum der beobachteten Kaninchenaugen im achten Monat abgeschlossen war: man bemerkt von da an keine Zunahme der Maasse mehr.

Ein Vergleich der gewonnenen Maasse unter sich ergiebt als den kleinsten Durchmesser stets den sagittalen, als den grössten stets den horizontalen, während der verticale in der Mitte steht.

Beim Menschen ist nach den eingehenden Messungen, die Weiss (14) vorgenommen hat, das Grössenverhältniss der Bulbusdurchmesser ein anderes; er fand den verticalen am kleinsten und den sagittalen meist als den grössten. Und zwar verhält sich nach ihm beim Neugeborenen der verticale zum horizontalen zum sagittalen wie 1,0 : 1,04 : 1,065, und bei Erwachsenen wie 1,0 : 1,03 : 1,006. Bezüglich des Wachsthums constatirte Weiss, dass das des sagittalen Durchmessers gegenüber den beiden anderen etwas zurückbleibt, während der verticale und der horizontale ungefähr in gleichem Verhältniss grösser werden. Rechnen wir uns für unsere Kaninchen diese Verhältnisswerthe aus, indem wir den kleinsten Durchmesser = 1

V. Maasse der Bulbusumfänge.

(Aus den Durchmessern berechnet.)

Gruppe		Sagittal. Umfang		Horizont. Umfang		Aequator. Umfang	
		normal	operirt	normal	operirt	normal	operirt
I.	Kaninchen, 3 Wochen alt, normal	38,308	—	39,721	—	40,49	—
II.	„ 3 Mon. n. d. Operat.	46,315	42,704	47,885	44,745	48,67	46,009
III.	„ 4 „ „ „ „	49,455	47,885	51,525	47,827	51,81	49,455
IV.	„ 4½ „ „ „ „	52,9	47,728	53,85	48,51	54,636	49,455
V.	„ 5½ „ „ „ „	53,066	48,827	54,636	50,24	54,95	51,81
VI.	„ 8 „ „ „ „	57,148	51,025	58,247	52,595	58,975	53,38
VII.	„ 8½ „ „ „ „	56,834	52,281	58,925	53,85	59,346	54,95
VIII.	„ 9¾ „ „ „ „	57,305	51,81	58,09	53,38	58,835	54,95
IX.	„ 11 „ „ „ „	57,305	51,81	59,989	52,595	59,66	54,065
X.	„ 12½ „ „ „ „	57,462	51,81	58,875	53,38	59,66	54,95
XI.	„ 12½ „ alt, normal	57,305	—	58,875	—	59,66	—

setzen, so finden wir bei den jüngsten Thieren das Verhältniss des sagittalen Durchmessers zum verticalen und zum horizontalen wie 1 : 1,03 : 1,1 und bei den erwachsenen 1 : 1,03 : 1,08.

Um das Wachsthumsverhältniss zu finden, vergleichen wir die entsprechenden Durchmesser der jüngsten Gruppe mit denen der erwachsenen Thiere, dabei die Werthe der jüngsten Gruppe = 1 setzend. Wir finden so eine Zunahme

des sagittalen Durchmessers im Verhältniss 1 : 1,5
„ verticalen „ „ „ 1 : 1,46
„ horizontalen „ „ „ 1 : 1,466

Es ergiebt sich daraus, dass eine wesentliche Differenz im Wachsthum der einzelnen Durchmesser nicht vorhanden ist, nur scheint der anfangs kleinste sagittale ein wenig schneller zu wachsen.

Berechnen wir uns mit Hilfe dieser Durchmesser die entsprechenden Bulbusumfänge (cf. Tabelle V.), so ergeben sich immer die kleinsten Werthe für den sagittalen, die grössten für den aequatorialen Umfang. Die durch Messung erhaltenen Werthe (cf. Tabelle IV.) sind durchweg ein wenig grösser als die berechneten; ich möchte diese Differenz mit Weiss einmal auf kleine Beobachtungsfehler zurückführen, dann aber auch vor Allem darauf, dass die angenommenen Ellipsen in Wirklichkeit keine ganz stetigen Curven sind, als welche wir sie aber in die Rechnung eingeführt haben.

Legen wir für die folgenden Betrachtungen die gemessenen Werthe zu Grunde und setzen den Werth des sagittalen, kleinsten Umfanges = 1, dann ergiebt sich zwischen diesem, dem verticalen und dem aequatorialen Umfang beim drei Wochen alten Thier, ein Verhältniss von 1 : 1,038 : 1,05, und beim erwachsenen 1 : 1,035 : 1,04.

Das Wachsthum der Bulbusumfänge der jüngsten Thiere verhält sich zu dem der erwachsenen:

im sagittalen Umfang wie 1 : 1,47
„ horizontalen „ „ 1 : 1,47
„ aequatorialen „ „ 1 : 1,46.

Daraus ergiebt sich eine nahezu vollständig gleichmässige Zunahme der einzelnen Umfänge.

Von den Durchmessern der Cornea war stets der horizontale der grösste und sein Verhältniss zum verticalen änderte sich im Laufe der Wachsthumszeit fast gar nicht. Wir fanden — den verticalen Durchmesser = 1 gesetzt —, dass bei den jüngsten Thieren sich der verticale zu dem horizontalen Durchmesser verhält wie 1 : 1,09, und bei den erwachsenen wie 1 : 1,08.

Das Wachsthumsverhältniss zwischen den jüngsten Thieren und den erwachsenen war

im verticalen Durchmesser 1 : 1,46 und
„ horizontalen „ 1 : 1,47.

Für den Cornearadius ergiebt sich ein Wachsthumsverhältniss von 1 : 1,55, wenn man den für Gruppe I gefundenen Mittelwerth = 1 setzt.

Vergleicht man dann noch die Zunahme des Radius mit der der Augenachse, so ergiebt sich, dass einer Verlängerung des Radius um $^1/_2$ mm eine Achsenverlängerung um ca. 2 mm entspricht: eine Beobachtung, die auch sonst schon bei Messungen an menschlichen Augen gemacht wurde. Hirschberg (17).

Aus allen diesen Betrachtungen geht hervor, dass in der That bei den beobachteten Thieren ein extrauterines Wachsthum der Augen stattfand, welches ungefähr im achten Monat sein Ende erreichte. Doch konnten wir mit Hülfe der gefundenen Maasse constatiren in Uebereinstimmung mit früheren Beobachtungen (Sömmering (15), Merkel (16), Weiss (14) u. A.), dass das extrauterine Wachsthum des Auges ein sehr geringes war, dass die Augen der wenig Wochen alten Thiere sich in ihren Dimensionen schon sehr denen der erwachsenen näherten. Weiss (14), der diese Frage an der Hand von zahlreichen Messungen menschlicher Augen ebenfalls erörterte, fand, dass das Auge nur um das 3,252fache zunimmt, während das Körpergewicht um das 21fache zunimmt. Nach Hirschberg (17) wachsen die Augenachsen im Verhältniss von 3 : 4, die Körperachse dagegen von

3 : $10^1/_2$. Auch ältere Beobachter kamen zu ähnlichen Resultaten: Merkel (16) schreibt im Handbuch von Graefe-Saemisch, dass das kindliche Auge verhältnissmässig gross sei, seine Durchmesser nur wenige Millimeter geringer als beim Erwachsenen. Weiter wird dann behauptet, dass die verschiedenen Durchmesser beim Kinde einander ähnlicher seien, der jugendliche Bulbus also mehr Kugelform habe, um dann erst später zu seiner bleibenden auszuwachsen. Dem gegenüber stehen die Messungen von Weiss (14), der keinerlei Bestätigung der Kugelform des Neugeborenenauges finden konnte. Wir konnten ebenfalls eine deutliche Formänderung während der Entwicklung des Auges ausschliessen. Aus den angeführten Maassen geht vielmehr hervor, dass bei den jugendlichen, wie bei den erwachsenen Augen die Differenzen zwischen den einzelnen Durchmessern ziemlich dieselben waren, vor allem, dass das Wachsthum ein gleiches war. Wir fanden fast überall eine Vergrösserung von 1 : 1,465. Nur der sagittale Durchmesser zeigte ein Wachsthum im Verhältniss von 1 : 1,5 und ähnlich der Hornhautradius von 1 : 1,55. Eine ganz geringe Aenderung der Bulbusform scheint demnach bei den Kaninchen stattzufinden, indem das Auge in der sagittalen Achse etwas schneller wächst. Ob dadurch eine Verringerung der bei diesen Thieren bekanntlich vorhandenen Hypermetropie eintritt, konnte ich nicht entscheiden. Aus den Berechnungen, die Axenfeld (19) am neugeborenen Menschenauge anstellte, ergiebt sich, dass „die bei der Geburt durch die Achsenkürze drohende Refractionsanomalie von der höheren Brechung der Medien im Schach gehalten wird, und dass alsdann mit zunehmender Achsenlänge in umgekehrter Proportion die Brechkraft der Medien, und zwar besonders der Linse sich vermindert.“ Dass thatsächlich bei den untersuchten Kaninchenaugen die Brechungsverhältnisse der Medien sich im Laufe der Entwicklung geändert hatten, scheint mir daraus hervorzugehen, dass die Werthe des

Hornhautradius schneller zunahmen, als die übrigen. Leider konnte ich bei der Unruhe der Thiere nicht constatiren, ob das auch für die Radien der Linsenflächen zutraf. Die Bestimmungen der Linsenradien nach dem Vorgang von Merkel und Orr (20) an mikroskopischen Präparaten hielt ich für zu ungenau wegen des Einflusses der Härtungsflüssigkeiten gerade auf die Linsendimensionen, zumal neuerdings erst v. Hippel (21) auf dem letzten Congress in Heidelberg auf die bedeutenden Differenzen aufmerksam gemacht hat, die sich für die verschiedenen Maasse ergeben je nach der benutzten Härtungsmethode. Ganz abgesehen davon wird natürlich auch die in Betracht kommende Lage der Linse durch die Härtung stark verändert.

Wenden wir uns nun zu den Wachsthumsverhältnissen der operirten Augen, so geht aus einer kurzen Betrachtung der Tabellen hervor, dass alle gefundenen Maasse kleiner sind als die der normalen Augen. Und zwar sind bei den erwachsenen Thieren auf der operirten Seite die verticalen und horizontalen Durchmesser um 1,5 mm kleiner als die der normalen Augen. Bei den sagittalen Durchmessern beträgt die Differenz sogar 2 mm. Die Umfänge zeigen sich um 6—6,5 mm kleiner, auch an den Corneadurchmessern und Radien lassen sich Differenzen sicher nachweisen.

Ferner finden wir, dass auch bei den operirten Augen von den Durchmessern immer der sagittale der kleinste und der horizontale der grösste ist, der verticale steht zwischen beiden.

Die relativen Differenzen zwischen den einzelnen Durchmessern sind im Laufe der Beobachtungszeit ziemlich gleich geblieben. Setzen wir wieder den Werth des kleinsten (sagittalen) Durchmessers = 1, so ergiebt sich für Gruppe II, welche als erste drei Monate nach der Opticusdurchschneidung gemessen wurde, ein Verhältniss des sagittalen zum verticalen zum horizontalen Durchmesser wie 1 : 1,06 : 1,1; für die am längsten beobachteten Thiere gestaltet sich das

entsprechende Verhältniss wie 1 : 1,062 : 1,12. Es besteht also kaum ein Unterschied.

Auch verglichen mit den relativen Differenzen der Durchmesser der normalen Augen ist ein merklicher Unterschied nicht zu finden: es bestand ja dort das Verhältniss von 1 : 1,03 : 1,1 beim drei Wochen alten Thier und von 1 : 1,03 : 1,08 beim erwachsenen.

In welchem Verhältniss die entsprechenden Durchmesser der operirten Augen gewachsen sind, ergiebt sich aus dem Verhältniss ihrer Maasszahlen bei den erwachsenen Thieren zu den entsprechenden Maassen bei den jüngsten normalen Thieren, welche zur Beobachtung kamen. Setzen wir darum die gefundenen Werthe von Gruppe I = 1, so ergiebt sich ein Wachsthumsverhältniss

im sagittalen Durchmesser von 1 : 1,33
„ verticalen „ „ 1 : 1,37
„ horizontalen „ „ 1 : 1,36.

Es ist also ein ziemlich gleichmässiges Wachsthum zu constatiren, höchstens scheint der sagittale Durchmesser eine Kleinigkeit langsamer zu wachsen.

Betrachten wir uns ferner die Umfänge, so finden wir auch hier eine geringe Differenz zwischen den gemessenen und den berechneten Werthen: es ist dieselbe jedenfalls ebenso zu erklären wie bei den normalen Augen. Ganz wie bei diesen, sind auch bei den operirten Augen die sagittalen Umfänge immer die kleinsten, die aequatorialen die grössten. Und zwar bleiben diese relativen Differenzen während der ganzen Beobachtungsdauer fast constant. Setzen wir den Werth des kleinsten, sagittalen Umfanges = 1, so ergiebt sich für Gruppe II, als zuerst gemessene, ein Verhältniss des sagittalen zum horizontalen zum aequatorialen Umfang wie 1 : 1,02 : 1,07, und für die am längsten beobachteten Thiere ein Verhältniss von 1 : 1,03 : 1,06, also fast keine Differenz. Auch beim normalen Auge fanden wir ganz ähnliche Verhältnisszahlen.

Vergleichen wir nun wieder die gefundenen Maasse für die Umfänge der am längsten beobachteten operirten Thiere mit den entsprechenden Maassen der normalen Ausgangsthiere von Gruppe I, so finden wir ein Wachsthumsverhältniss

im sagittalen Umfang von 1 : 1,33
„ horizontalen „ „ 1 : 1,32
„ aequatorialen „ „ 1 : 1,35.

In ähnlicher Weise finden wir das Wachsthumsverhältniss der Corneadurchmesser und der Cornearadien, indem wir immer die entsprechenden Werthe der normalen Thiere aus Gruppe I als Einheit zu Grunde legen. Wir erhalten dann ein Wachsthumsverhältniss

für den verticalen Corneadurchmesser von 1 : 1,32,
„ „ horizontalen „ „ „ 1 : 1,36 und
„ „ Cornearadius von . . . . . 1 : 1,33.

Auch hier konnte man wieder constatiren, dass die Differenz der Cornearadien auf der gesunden und operirten Seite stets ungefähr halb so gross war als die Differenz der betreffenden sagittalen Achsen.

Aus all dem können wir also mit Bestimmtheit entnehmen, dass auch die operirten Augen weiter gewachsen sind. Erst im achten Monat ungefähr sind die Maasse constant. Alle gefundenen Werthe sind aber kleiner als die der normalen Augen, die operirten Augen blieben im Wachsthum zurück. Sie zeigen, wie aus den gegebenen Wachsthumsverhältnisszahlen hervorgeht eine Zunahme der einzelnen Dimensionen im Verhältniss von 1 : 1,3, während wir für die normalen Augen im Mittel ein Wachsthum fanden von 1 : 1,47. Dass es sich bei diesem Zurückbleiben in der Entwicklung nicht etwa um eine Atrophie der operirten Bulbi gehandelt haben kann, wie sie Berlin (5) u. A. nach Opticusdurchschneidung beobachtet haben, geht schon daraus hervor, dass die Bulbi, wie schon bewiesen, thatsächlich weiter gewachsen sind, und dass die

nach acht Monaten erreichten Maasse constant erhalten blieben, selbst nach $1^1/_2$jähriger Beobachtungsdauer, was bei einer Atrophie nicht der Fall sein würde.

Irgend eine Formänderung der Bulbi konnten wir auch an den operirten Augen nicht finden; die relativen Differenzen der einzelnen Durchmesser blieben ziemlich dieselben. Interessant ist allerdings, dass der sagittale Durchmesser scheinbar am meisten in seinem Wachsthum beeinträchtigt wurde. Denn während er bei normalen Thieren um ein geringes schneller wuchs als die übrigen Durchmesser, sahen wir bei den operirten Augen eher eine Abnahme der Wachsthumstendenz; ähnlich ist es auch mit dem Cornearadius. Wir fanden bei den normalen Augen in der sagittalen Achse ein Wachsthum von 1 : 1,5, in den operirten dagegen nur eine Zunahme von 1 : 1,3.

An Schnitten, welche durch die gehärteten Bulbi gelegt wurden, suchte ich mir ferner einen Einblick zu verschaffen in das Wachsthum der einzelnen Augenhäute. Selbstverständlich war ich mir bewusst, dass die Fixirung und Härtung der Bulbi nicht ohne Einfluss auf die Maasse bleiben konnte. Doch, da ich stets dieselbe Härtungsflüssigkeit — 10 Theile Formol auf 90 Theile Müller'sche Lösung — benutzte, so dürfte ein Vergleich der gefundenen Werthe jedenfalls gestattet sein. Denn Differenzen, welche lediglich durch die verschiedenen Härtungsmittel hervorgebracht werden, welche nach E. v. Hippel's (21) Vortrag sogar ganz beträchtlich sein können, kommen nicht in Frage.

Natürlich konnte ich an den Schnitten nur das Dickenwachsthum feststellen, die Ausdehnung nach der Fläche musste unberücksichtigt bleiben. Ich verfuhr in folgender Weise: an genau vertical angelegten Schnitten, welche durch die Hornhautmitte und Papillenmitte gingen, habe ich die Cornea im Scheitel gemessen, die Iris in der Mitte zwischen Sphinkterende und Irisansatz; beim Ciliarkörper suchte ich stets die grösste Breitenausdehnung festzustellen.

Netzhaut, Aderhaut und Sklera wurden immer in einer Entfernung von 6 mm von der Ora serrata gemessen, um nicht durch die Schwankungen, welchen die Dicke dieser Membranen bekanntlich innerhalb jedes Auges unterworfen ist, beim Vergleich der Augen untereinander gestört zu werden. Die Linsen wurden nicht gemessen, einmal weil sie, wie schon erwähnt, von der Härtungsflüssigkeit ganz besonders beeinflusst werden, und dann weil sie oft beim Aufschneiden der gehärteten Bulbi mehr oder weniger luxirt und dann ganz entfernt worden waren. Gemessen habe ich stets mit Zeiss: Apochromat. System 4 mm Brennweite und Compensationsocular 6; es berechnet sich so jeder Theilstrich des Ocularmikrometers auf 4 μ.

In der Tabelle VI, welche die gefundenen Maasse in μ enthält, habe ich nur die kleinsten und grössten Werthe angegeben, ausserdem noch die gefundenen Mittelwerthe, und zwar wurden diese erhoben in Gruppe I an 12 Augen von normalen drei Wochen alten Thieren, in Gruppe II an 12 Augen von normalen ca. 1—1½ Jahre alten Thieren, in Gruppe III an 12 Augen von Thieren, bei denen mindestens ein Jahr nach der Durchschneidung des Opticus verflossen war.

VI. Maasstabelle.

	Normales Thier 3 Wochen alt			Normales Thier 1 Jahr alt			Thier, ca. 1 Jahr nach der Operat.		
	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel
Cornea	220	280	260	320	300	400	280	440	360
Iris	160	200	180	220	280	260	200	260	220
Ciliarkörper	120	180	140	320	400	360	280	367	330
Aderhaut	26	36	30	34	52	40	28	48	38
Sklera	160	220	200	280	400	320	240	360	300
Netzhaut	120	140	135	160	220	180	180	240	220
nerv. Elemente	20	28		28	44		—	—	
in. retic. Schicht	20	20		20	24		16	20	
in. Körnersch.	12	22		16	28		10	20	
äuss. retic. Sch.	6	8		6,5	10		6	10	
äuss. Körnersch.	24	28		24	34		20	30	
Stäbch. u. Zapfen	40	60		44	68		42	76	

Aus den angeführten Maassen geht zunächst für das normale Auge hervor, dass das extrauterine Wachsthum der einzelnen Membranen ebenfalls fast durchweg ein sehr geringes ist. Wir finden fast überall nur eine Zunahme um kaum die Hälfte des Ausgangswerthes. Nur der Ciliarkörper wächst entschieden schneller; er ist beim drei Wochen alten Thier ausserordentlich schmal, um beim erwachsenen dann über doppelt so gross zu werden: er nimmt zu im Verhältniss von 1 : 2,58.

Bei Messungen, die Merkel und Orr (20) an neugeborenen, menschlichen Augen anstellten, wurde ähnliches gefunden. Die Maasse wichen nur wenig von denen bei Erwachsenen constatirten ab; nur der Ciliarkörper war beim Neugeborenen viel schwächer entwickelt als beim Erwachsenen.

Vergleichen wir nun die bei den operirten Augen gefundenen Werthe mit denen der normalen, so ergiebt sich, dass diese bei allen Membranen kleiner sind, als die der ausgewachsenen normalen Thiere, aber grösser als die der drei Wochen alten, normalen Ausgangsthiere; ausgenommen ist nur die Netzhaut, welche bei den operirten Augen breiter erscheint. Wir kommen darauf noch besonders zu sprechen.

Wir haben also ein deutliches Weiterwachsen aller Membranen auch in den operirten Augen, nur ist dasselbe verlangsamt. Die kleinsten bei den erwachsenen Thieren gefundenen Werthe nähern sich sehr den grössten der jungen Thiere, und die grössten erreichen nicht die maximalen der erwachsenen, normalen Thiere. Selbstverständlich können die Unterschiede nur klein sein, da ja das extrauterine Wachsthum der Augen schon normaler Weise gering ist und die Bulbi der operirten Seite in toto, wenn auch deutlich, so doch nicht sehr viel hinter den normalen zurückgeblieben waren. Besonderes Interesse bietet auch hier wieder der Ciliarkörper; er wächst schneller als die übrigen Theile im operirten Auge, aber langsamer

als der Ciliarkörper im gesunden Auge: wir finden eine Zunahme von 1:2 gegen 1:2,58 beim normalen Auge.

Sehr auffallend war, dass die Netzhäute der operirten Augen von der Limitans interna bis zum Pigmentepithel gemessen, meist höhere Werthe aufwiesen, als die der normalen Thiere. Ich habe deshalb hier mit möglichster Genauigkeit die einzelnen Schichten gemessen und aus diesen Maassen können wir ersehen, dass die Verbreiterung nur beruht auf der im pathologisch-anatomischen Theil genauer beschriebenen, eigenthümlichen Degeneration der Stäbchen- und Zapfenschicht. Von den übrigen Schichten waren gänzlich atrophisch die Nervenfaserschicht und die Ganglienzellenschicht. Nur die hyperplasirten Radiärfaserkegel zeigten als Limitans interna die Grenzen der Retina an. Die reticulären Schichten waren kaum verändert. Auch die Maasse der Körnerschichten waren fast dieselben wie die der normalen Augen. Bedenkt man aber, dass die Netzhaut schon im normalen Auge sehr wenig an Dicke zunimmt, so ist vielleicht auch aus diesen kleinen Differenzen schon der Schluss gestattet, dass eine Wachsthumsverminderung bei den operirten Thieren auch hier vorlag.

Fragt man sich nun nach dem Grunde des verminderten Wachsthums in den operirten Augen, so kann man nach meiner Ansicht nur die Durchschneidung des Opticus und die dadurch bedingte Lösung des Zusammenhanges zwischen Auge und Gehirn verantwortlich machen. Wie eng die Wechselbeziehungen dieser beiden Organe auch während der extrauterinen Wachsthumsperiode sind, darauf hat auch Weiss (14) hingewiesen. Derselbe fand an der Hand seiner Messungen an menschlichen Augen, dass das Auge nahezu in demselben Verhältniss weiter wächst wie das Gehirn. Die Gewichtszunahme des ersteren beträgt nach ihm das 3,252fache, die des Gehirns nach Vierordt (18) das 3,76fache, also nahezu dieselben Werthe, wenn man

wenigstens berücksichtigt, dass der übrige Körper in derselben Zeit um das 21fache zunimmt. Es scheint mir daher erklärlich, wenn dieser innige, entwicklungsgeschichtlich bedingte Zusammenhang zwischen den beiden Organen gelöst wird und der physiologisch wichtigste Theil des Auges vor der vollkommenen Ausbildung des Organes der Atrophie preisgegeben wird, dass dann auch für die übrigen Theile der Impuls zur weiteren Entwicklung weniger kräftig ist als bei normal functionirenden Augen. Wir sahen daher bei allen Augen, bei denen die Opticusdurchschneidung gut gelungen war, ein Zurückbleiben im Wachsthum eintreten.

Ausserordentlich interessant gerade für diese Frage ist die Beobachtung des einen Falles, bei dem nur die oberen Opticusparthieen durchschnitten waren. Wir haben bereits gesehen, dass sich ophthalmoskopisch wie pathologisch-anatomisch sehr deutlich eine Differenz zwischen den beiden Netzhauthälften nachweisen liess, die untere war normal, mit normalen Markflügeln, die sich in den erhaltenen Opticustheil verfolgen liessen, die obere dagegen war ganz analog den übrigen Fällen der degenerativen Atrophie verfallen, von Markstrahlen und Opticusfasern war nichts mehr zu sehen. Auch dieser Bulbus wurde sorgfältigst gemessen, ebenso auch der normale der anderen Seite. Ich erhielt folgende Maasse:

Cornearadius des normalen Auges 8,63 mm
„ „ operirten „ 8,03 „

Corneadurchmesser im normalen Auge
vertical : horizontal = 14 : 15,

im operirten Auge = 13,8 : 14,7.

Bulbusdurchmesser des normalen Auges:

sagittal	18 mm
vertical	18,5 „
horizontal	19,5 „

des operirten Auges:

sagittal	17,4	mm
vertical	18	„
horizontal	18,5	„

Bulbusumfänge des normalen Auges:

sagittal	58,0
horizontal	59,5
äquatorial	60,

des operirten Auges:

sagittal	56,6
horizontal	57,3
äquatorial	58,5.

Beide Bulbi sind also auch in diesem Falle in allen ihren Maassen verschieden, und zwar ist der der operirten Seite stets der kleinere. Jedoch ist die Differenz, wie ein Vergleich der zusammengestellten Werthe ergiebt, viel geringer als zwischen den Bulbi beider Seiten bei den übrigen operirten Thieren. Besonders ist mir aufgefallen, dass die sagittale Achse, welche sich bei den übrigen operirten Augen am meisten im Wachsthum beeinflusst zeigte, bei diesem Falle verhältnissmässig nur sehr wenig hinter der Norm zurückgeblieben ist; wir haben nur eine Differenz von 0,6 mm gegen eine solche von 2 mm bei den übrigen Thieren. Dass der Bulbus in diesem Falle um so viel weniger in seiner Weiterentwicklung gestört worden ist, kann ich mir im Vergleich mit den übrigen Befunden nur so erklären, dass bei ihm ein grosser Theil des Opticus erhalten blieb, und damit die physiologische Function des Organes und mit ihr das Wachsthum desselben viel weniger gelitten hat als bei den anderen Thieren, bei welchen der Opticus vollständig durchtrennt war.

Auch zur Erledigung einer anderen Frage scheint mir gerade dieser Fall von Wichtigkeit zu sein. Man könnte nämlich annehmen, dass die Wachsthumsstörung in einigen Augen

wenigstens dadurch herbeigeführt worden sei, dass bei ihnen, wie schon erwähnt, einige kurze hintere Ciliargefässe mit durchschnitten wurden. Dass dies jedoch keine richtige Annahme wäre, geht daraus hervor, dass gerade in dem zuletzt besprochenen Falle Ciliargefässe verletzt waren, wie aus dem Auftreten des chorioretinitischen Heerdes oberhalb der Papille mit Sicherheit bewiesen wurde, und doch das Wachsthum weniger zurückblieb, als bei den Thieren, bei denen eine derartige Mitverletzung von Gefässen ausgeschlossen war.

Dass schliesslich die Retinalgefässe ganz ohne Einfluss auf die Wachsthumsverhältnisse sind, geht aus dem Fall hervor, der in Gruppe VIII aufgeführt worden ist. Es war bei ihm mit dem Spiegel keine Spur von Netzhautgefässen mehr zu sehen, dieselben waren bei der Operation mit durchschnitten und dann allmählich obliterirt. Die angestellten Messungen ergaben eine deutliche Wachsthumsbeschränkung; — jedoch blieben, wie ein Blick auf die Tabellen zeigt, die Maasse durchaus im Rahmen der bei den übrigen Thieren erhobenen, bei denen die Netzhautgefässe wohl erhalten waren bis zum letzten Augenblick; es war also die oben beschriebene Störung in der Entwicklung nicht abhängig von den zufälligen Gefässdurchtrennungen, sondern lediglich zurückzuführen auf die Durchschneidung des Opticus vor der vollkommenen Ausbildung der Augen.

Allerdings ist die in unseren Fällen eingetretene Wachsthumshemmung nicht so hochgradig, wie sie Gudden (22) nach Durchschneidung anderer Nerven gefunden hat und von Kondracki (23) in seiner Dissertation „über Durchschneidung des Nervus trigeminus beim Kaninchen“ genauer beschreiben lässt. Gudden durchschnitt beim neugeborenen Kaninchen den Nervus ischiadicus und dislocirte ihn, um eine Wiedervereinigung der Enden zu vermeiden. Die Folge war ein Zurückbleiben der betreffenden Extre-

mität in der Entwicklung. Alle Theile derselben waren ausgebildet, aber um die Hälfte dünner und schmäler als die der intacten Seite. Nach der Durchschneidung des Nervus facialis dicht am Foramen stylomastoideum trat eine ausgesprochene Wachsthumshemmung der betreffenden Gesichtshälfte ein, welche zu einer sehr beträchtlichen Differenz zwischen ihr und der intacten Seite führte. Dass bei meinen Thieren die Differenzen zwischen beiden Seiten wohl deutlich, aber doch nicht so hochgradig waren, wie bei den Gudden'schen, liegt daran, dass das extrauterine Wachsthum des Auges ja überhaupt ein viel geringeres ist als das der übrigen Körpertheile, weniger daran, dass es mir leider nicht geglückt ist, die Durchschneidung wie Gudden am neugeborenen Thiere vorzunehmen.

Eine ausserordentlich starke Beeinflussung des Wachsthums der betreffenden Gesichtshälfte sah ferner Angelucci (24) nach Exstirpation des obersten sympathischen Halsganglions bei jungen Katzen, Hunden und Kaninchen. Er beobachtete Dystrophie der Schädelknochen, verbunden mit Alopecie des Gesichtes und mangelhafter Zahnbildung auf der operirten Seite. Das Auge plattete sich mehr und mehr ab, die Hornhaut blieb in ihrer Entwicklung zurück, die Pupille war enger als auf der anderen Seite, die Gefässe der Iris und Chorioidea waren verengt, ihre Wandungen verdickt. Der ganze Uvealtractus verfiel allmählich einer sklerotischen Atrophie. Nur die Retina blieb bis auf feine Gefässveränderungen intact. Nach Angelucci's Erklärung sind diese Veränderungen alle zurückzuführen auf vasomotorische Störungen, welche zunächst zur Alteration der Gefässwände und dadurch dann zu den schweren Schädigungen der Gewebe führten.

Eine Wiederholung und Bestätigung haben diese Versuche meines Wissens noch nicht erfahren. Sollten wirklich die Läsionen des Sympathicus durch vasomotorische

Einflüsse derartige schwere Erscheinungen hervorrufen, so bliebe zu erwägen, ob nicht auch vielleicht bei meinen Experimenten Störungen seitens des Sympathicus von Bedeutung gewesen sind. Wenn auch die Möglichkeit besteht, dass einzelne kleinere Ciliarnervenäste bei der Operation der Thiere mit durchschnitten wurden, so glaube ich doch, ausgedehntere Verletzungen derselben oder des Ganglion ciliare sicher ausschliessen zu können, da ich, wie schon ausgeführt, bei der Operation gar nicht tiefer in die Orbita eingedrungen bin, sondern am luxirten Bulbus bei ganz frei liegendem Operationsfeld die Durchschneidung des Sehnerven vornahm. Ausserdem fanden wir auch keinerlei Anhaltspunkte für ähnliche vasomotorische Störungen in unseren Fällen, wie sie Angelucci beschreibt. Die Gefässe waren überall bis auf die geschilderten wenigen Ausnahmen intact, sie zeigten weder bei der ophthalmoskopischen noch bei der anatomischen Untersuchung Veränderungen ihrer Wandungen; auch von einer Atrophie der Iris, des Ciliarkörpers und der Aderhaut konnte nicht die Rede sein. Den Einfluss einer isolirten Sympathicusdurchschneidung auf das Auge zu erforschen, muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Ueber die interessante Frage schliesslich, ob bei Menschen, die entweder mit einfacher Sehnervenatrophie geboren sind, oder dieselbe in frühester Kindheit erworben haben, dieselben Entwicklungsstörungen an den betreffenden Augen sich beobachten lassen, konnte ich leider nichts eruiren. In der Literatur fehlen bis jetzt jederlei Angaben darüber. Vielleicht könnte man aber, namentlich in den grösseren Blindenanstalten Material finden, um die Resultate, die an Thieren durch das Experiment gewonnen wurden, durch Messungen an menschlichen Augen zu bestätigen.

Für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit und für die gütige Controle meiner Versuche bin ich Herrn Professor Wagenmann zu grösstem Danke verpflichtet.

Literatur.

1) E. Lent: Beiträge zur Regeneration durchschnittener Nerven. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie. VII. 1856.
2) E. Lehmann: Experimenta quaedam de nervi optici dissecti ad retinae texturam vi et effectu. Inaug.-Diss. Dorpat. 1857.
3) B. Rosow: Experimente über die Durchschneidung des Sehnerven. Sitzungsber. d. Wien. Acad., mat.-naturw. Cl. 1864. XLIX.
4) W. Krause: Die Membrana fenestrata der Retina. Leipzig. 1868.
5) R. Berlin: Ueber Sehnervendurchschneidung. Heidelberg. Ophthalmolg. Gesellschaft. 1871.
6) Krenchel: Ueber die Folgen der Opticusdurchschneidung beim Frosch. v. Graef. Arch. f. Ophthalm. XX. 1.
7) Leber: Die Circulations- u. Ernährungsverhältnisse des Auges. Handbuch v. Graefe-Sämisch. Bd. II. 1.
8) Russi: Inaugural-Dissertat. Bern. 1880. Die Umschnürung des Nerv. optic. und deren Folgen für's Auge.
9) Poncet: Troubles profondes de l'oeil à la suite de la section optico-ciliaire. Gaz. méd. de Paris. No. 52. 1882.
10) Marckwort: Experimentelle Studien über Läsionen des Nervus opticus. Arch. f. Augenhlk. X. 3. S. 269.
11) Hamburger: De doorsnijding van den nervus opticus bij kikvorschen, in verband met de beweging van pigment en kegels in het netolies, onder den invloed van light en duister. Festbundel a. F. C. Donders. Amsterdam. p. 285. 1889.
12) Wagenmann, Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der Circulation in den Netzhaut- und Aderhautgefässen auf die Ernährung des Auges, insbesondere der Retina, u. über die Folgen der Sehnervendurchschneidung. v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. XXXVI. 4.
13) Cesare Colucci: Consequenze della recisione del nervo ottico nella retina di alcuni vertebrati. Annali di nevrologia. XI. 1893.
14) L. Weiss: Ueber das Wachsthum des menschlichen Auges und über die Veränderungen der Muskelinsertionen am wachsenden Auge. Wiesbaden, bei J. F. Bergmann. 1897.
15) v. Sömmering: Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen. Umgearb. und beend. v. Huschke. 1844.
16) F. Merkel: Makroscop. Anatomie: Handbuch von Graefe-Sämisch. I. Bd. 1874.
17) Hirschberg: Einführung in die Augenheilkunde. I. Hälfte. Leipzig. 1892.
18) H. Vierordt: Anatom. physiol. und physikal. Daten u. Tabellen z. Gebrauche f. Mediciner. 1893.

19) Th. Axenfeld: Ueber den Brechungswerth der Hornhaut und der Linse beim Neugeborenen nebst Bemerkungen über Ophthalmometrie an Leichenaugen. Zeitschrift f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane. Bd. XV.
20) F. Merkel u. W. Orr: Das Auge des Neugeborenen an einem schematischen Durchschnitt erläutert. Anatomische Hefte von Merkel u. Bonnet. 1892.
21) E. v. Hippel: Ueber das Auge des Neugeborenen. Sitzungsber. d. Ophthalmolog. Gesellschaft. Heidelberg. 1897. S. 28.
22) B. v. Gudden's gesammelte und hinterlassene Abhandlungen. Herausgegeben von H. Grashey: Wiesbaden. 1889.
23) E. Kondracki: Ueber die Durchschneidung des Nervus trigeminus beim Kaninchen. Zürich. 1871. Inaug.-Diss.
24) Angelucci: Trophische Alterationen des Auges in Folge von Exstirpation des obersten sympathischen Halsganglions. Archivio di Ottalmologia. 1893. Fasc. 1—4. (refer. Hirschberg Centralbl. 1893. p. 281.)

Druck von Pöschel & Trepte in Leipzig.

LANE MEDICAL LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.

Photomount
Pamphlet
Binder
Gaylord Bros. Inc.
Makers
Stockton, Calif.
PAT. JAN. 21, 1908

Q4
H57
1898
Hertel, E.
Sehnerven-Durchschneidung.

NAME | DATE DUE